الفصل الأول
الملامح الجيولوجية لحوض وادي وتير

أولاً : التوزيع الجغرافي للتكوينات الجيولوجية

أ - الصخور النارية

ب - الصخور المتحولة

ج - الصخور الرسوبية والرواسب السطحية

ثانياً : التتابع الطباقي

ثالثاً : الجوانب البنيوية

أ -الصدوع

ب -الفواصل

ج -الطيات

رابعاً : التطور الجيولوجي لحوض التصريف

أ -خلال عصر ما قبل الكمبري

ب -خلال عصر الكريتاسي

ج -خلال عصري الأوليجوسين والميوسين

د - خلال الزمن الرابع

مقدمة

تعد دراسة الملامح الجيولوجية من الركائز المهمة التى تعتمد عليها الدراسة الجيومورفولوجية حيث تمثل المسرح الذى تتكون عليه الظاهرات الجيومورفولوجية وتتطور، وقد أشار العالم ديفيز إلى أن الدراسة الجيومورفولوجية تعتمد بصورة أساسية على ثلاثة أسس، أولها التركيب الجيولوجي ، كما ان أشكال سطح الأرض تعد نتاجاً للتفاعل بين التركيب الصخري Structure والعملية الجيومورفولوجية Process والمرحلة Stage .

ولذا فقد أُستهل البحث بدراسة الملامح الجيولوجية لحوض وادي وتير بدءاً بدراسة التوزيع الجغرافي للتكوينات الجيولوجية ثم التتابع الطباقي Stratigraphy والرواسب السطحية ، فالتركيب الجيولوجي Structure ثم التطور الجيولوجي Geological Evolution .

وقد اعتمدت الدراسة على مجموعة من الخرائط المختلفة (١) سواء كانت هذه الخرائط فى صورة ورقية Analog أو فى صورة رقمية Digital (٢) ، كذلك فقد اعتمد الطالب فى دراسته للملامح الجيولوجية على مجموعة من الأبحاث الجيولوجية التى تناولت دراسة جنوب سيناء وخليج العقبة .

وتشير الخرائط التى اعتمدت عليها الدراسة والأبحاث الجيولوجية إلى أن أقدم الصخور التى تظهر فى منطقة الدراسة ترجع إلى ما قبل الكمبري Precambrian ، وتتمثل فى تكوينات الجرانيت والديوريت ، ومعظم الصخور النارية المنطقة من نوع الصخور المتداخلة Intrusive Rocks ، إذ تكونت هذه الصخور بعيداً عن سطح الأرض وتعرضت للتبلر Crystallization نتجه لعملية التبريد البطيء للماجما وتتميز هذه الصخور بكبر حجم بلوراتها ويطلق عليها أيضاً الصخور البلوتونية Plutonic Rocks ، أما أحدث رواسب المنطقة فترجع إلى عصر الهولوسين (الحديث) وتتمثل فى رواسب الأودية التى تتألف بصورة رئيسية من فتات صخري متباين الأحجام.

وينتشر بالمنطقة الكثير من الصدوع التى تأخذ اتجاهات متباينة وان كان الاتجاه السائد هو الاتجاه شمالي -غربي / جنوبي - شرقي ، وقد تأثرت الأودية وروافدها بنظام الصدوع بالمنطقة إذ أن أغلب أودية المنطقة تأخذ نفس الاتجاه السائد ، وقد شهدت المنطقة سلسلة من التغيرات الجيولوجية كانت ناجمة عن ذبذبات سطح البحر بين صعود وهبوط ، كذلك فقد تعرض اليابس

(١) * [illegible] ١٩٩٤ ، ١/٢٥٠٠٠٠ .

* [illegible] ١٩٨١ ، ١/٥٠٠,٠٠٠

(٢) [illegible] الخرائط الرقمية Digital maps من هيئة المساحة الجيولوجية بمقياس ١ : ١٠٠,٠٠٠ [illegible] Editing وتصحيحها .

للارتفاع والانخفاض ، كما كان للتغيرات المناخية أثرٌ كبيرٌ فى تشكيل وتطور الظاهرات الجيومورفولوجية بالمنطقة .

وبناءاً على ما سبق فإن هذا الفصل سوف يتناول بالدراسة العناصر الآتية :

أولا : التوزيع الجغرافي للتكوينات والرواسب السطحية

ثانيا : التتابع الطباقي .

ثالثا : الملامح البنيوية .

رابعا : التطور الجيولوجي .

أولا : التوزيع الجغرافي للتكوينات الجيولوجية

لا شك أن التوزيع الجغرافي للتكوينات الجيولوجية ذو أثـر كبـير فـى توزيـع الأشـكال الجيومورفولوجية بمنطقة الدراسة وخاصة الأودية ، إذ تتأثر شبكة الأودية بنوع الصخـر وبنيتـه إلى حد بعيد ، وتتعدد التكوينات الجيولوجية بالمنطقة حيث تحتوى المنطقة على الصخـور الناريـة والمتحولة التى ترجع إلى ما قبل الكمبري ، كذلك فان المنطقة تضم الصخور الرسوبية متمثلة فـى صخور الحجر الرملي وصخور الحجر الجيري ، هذا إلى جانب الرواسب السطحية المتمثلـة فـى رواسب الأودية ورواسب المراوح الفيضية ورواسب الكثبان الرملية فى شمال دلتا الوادي .

ويعتقد الطالب أنه من الأنسب دراسة التوزيع الجغرافي للتكوينات الجيولوجية تبعـا لنـوع الصخور ، وبناءاً على ذلك فإن الصخور بمنطقة الدراسة تنقسم إلى ما يلي :-

أ - الصخور النارية

ب - الصخور المتحولة

ج- الصخور الرسوبية والرواسب السطحية

أ -الصخور النارية

تشغل الصخور النارية مساحة تبلغ ٩,٧ ٪ أي حوالي ٣٥٠ كم٢ من جملة مساحة الـوادي ، جدول (١ ١) ، وتتألف هذه التكوينات بصورة رئيسية من صخور الجرانيت كمـا توجـد بعـض تكوينات الديوريت ، وتنتشر هذه التكوينات فى الجزء الجنوبي الشرقي من المنطقة وعلـى جـانبي وادي وتير وتمثل حوائط راسية تشكل جوانب الوادي ابتداء من مخرج الوادي وتمتد لنحو ٣٥ كـم صوب المنبع ، وتنتشر بها السدود الرأسية والأفقية التى تأخذ اتجاهات مختلفة وتتألف فى معظمـها من صخور البازلت وهى احدث عمراً من صخور الجرانيت، صورة (١-١) ،(١-٢)، كما تنتشـر الأودية الخانقية فوق هذه التكوينات وخاصة على الجانب الشرقي للوادي

وتنقسم الصخور النارية بالمنطقة إلى :-

- جرانيت كاترين

وتغطى مساحة تقدر بنحو ٨,٤ ٪ من مساحة الحوض ، ويتألف من جرانيـت قلـوي إلـى متوسط ، وتمثل هذه التكوينات نطاق يحيط بوادي وتير من الجانبين بدءاً من مخرج الوادي وحتـى مصب وادي الزلقة ، كما أن هذه التكوينات تمثل جوانب الأودية فى هذا الجزء مثل أودية غزالـة

جدول (١-١) مساحة التكوينات الجيولوجية بحوض وادي وتير *

الزمن	العصر	التكوين الجيولوجي: الرمز	التكوين الجيولوجي: أسم التكوين	المساحة (كم٢)	نسبة المساحة (٪)	النسبة الكلية (٪)
الرابع	الهولوسين	Qw	رواسب الأودية	٤١٩,٤٤	١١,٦١	١٤,٤٥
	البليستوسين	Qwr	تكوينات وتير	٠,٠٠٠٨	٠,٠١٣	
		Qh	رواسب الحمادة النهرية	٦٧,٦٤	١,٩	
		Qfg	رواسب المراوح الفيضية	٣٣,٦٥	٠,٩٣	
الثالث	الإيوسين الأوسط	Temk	تكوينات المقطم	٤,١٣	٠,١١	١,٧
	الإيوسين الأسفل	Teleg	تكوينات العجمة	٣٥,٥١	٠,٩٨	
	الباليوسين	Tpes	رواسب طين إسنا	٢٢,٢٠	٠,٦١	
الثاني	الكريتاسي الأعلى	Ksd	تكوينات سدر	١١٤,٩١	٣,٢	٦٣,٩٨
		Kdu	تكوينات ضوي	٢٩٠,٠٩	٨,٠٣	
		Kmt	تكوينات مطله	٤٦٠,٣٨	١٢,٧٤	
		Kwt	تكوينات وطا	٨٦١,٣٨	٢٣,٨٤	
		Kill	تكوينات جلالة	٣٠٧,٢	٨,٥	
	الكريتاسي الأسفل	Kml	تكوينات مالحة	١١٣,٨٨	٣,١٥	
	الجوراسي	Jrq	تكوينات رقبة	١٦٣,٥٦	٤,٥٢	
الأول	الكمبري	Cnq	ناقوس	٩٠,٦١	٢,٥	٨
		Car	عربة	١٩٨,٠٧	٥,٥١	
زمن الحياة القديمة	ما قبل الكمبري	Ckg	جرانيت كاترين	٣٠٣,٢٨	٨,٤	١١,٨٧
		Gng	جرانيت رحبة	٤٦,٣١	١,٣	
		Gd	ديوريت	٧١,٣٦	١,٩٥	
		Md	مينا ديوريت	٨,١٢	٠,٢٢	

* [illegible]

١ - الخريطة [illegible] Digital Map [illegible]

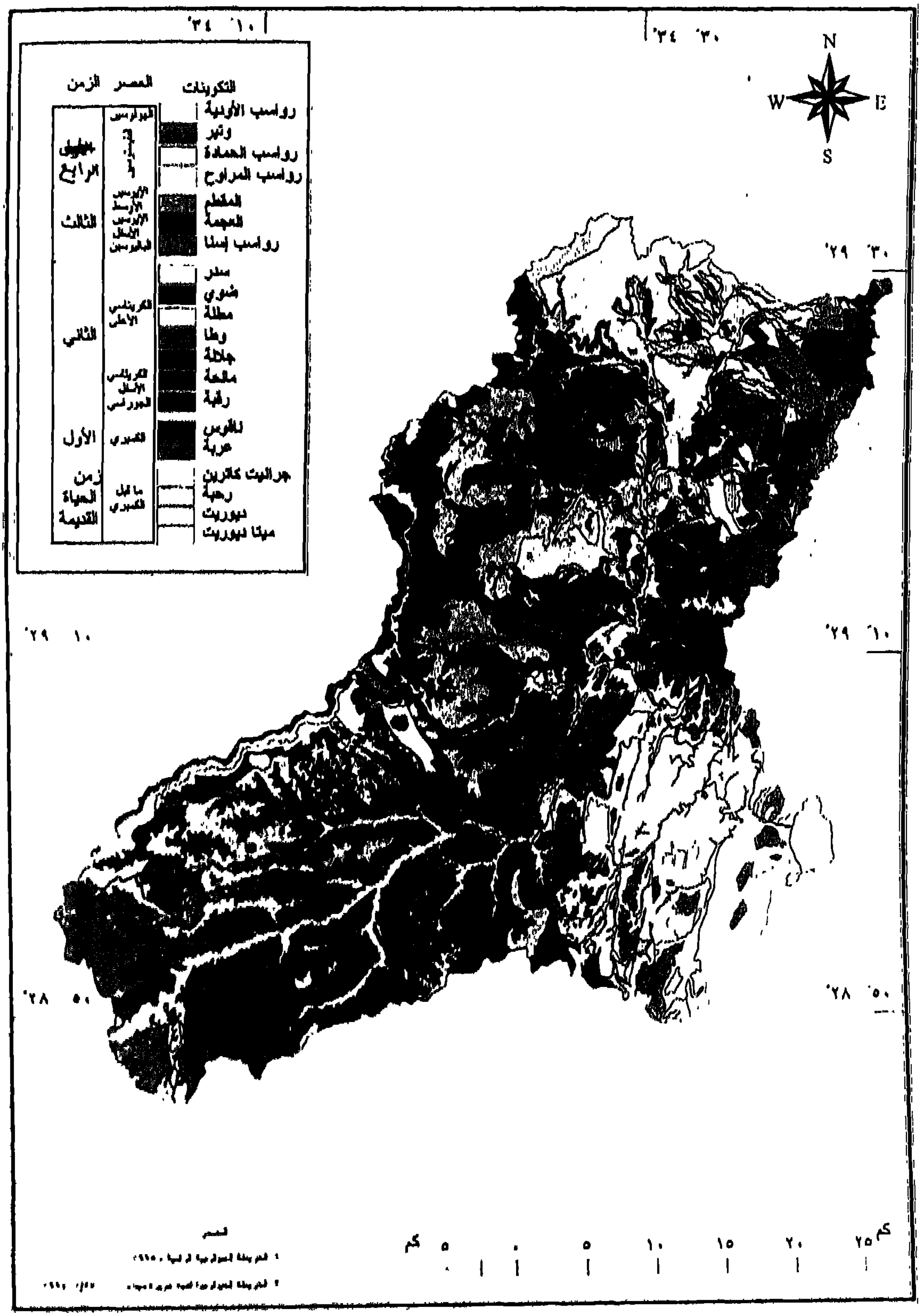
٢ - الخرائط [illegible] (١ ، ٢) ١٩٩٤ [illegible]

صورة (١-١)

انتشار السدود الرأسية والأفقية في الصخور النارية
"ناظراً صوب الشمال الشرقي"

صورة (١-٢)

صخور الجرانيت وتبدو في صورة كتلية وحوائط شديدة الانحدار
وتنتشر بها القواطع الرأسية والأفقية
"ناظراً صوب الشمال الشرقي"



شكل(١-١) الخريطة الجيولوجية لحوض وادي وتير

وصمغي ولتحي الدوني على الجانب الغربي ، وأودية نخيل وبعض الأودية الخانقية الصغيرة على الجانب الشرقي ،صورة (١-٣) .

<u>- جرانيت زحية</u>

وتشغل هذه التكوينات مساحة أقل من التكوينات السابقة وتقدر بنحو ٣,١٪ أو حوالي ٤٦ كم٢ ، إلا أنها أكثر انتشارا من سابقتها حيث تتمثل في منطقة المنابع لوادي غزالة ووادي صمغي ووادي نخيل ، كما تنتشر على هيئة بقع متناثرة على جانب وادي وتير .

وتتألف الصخور النارية السابقة من مجموعة من التكوينات الثانوية هي:-

١- جابرو هورنبلند

وتظهر هذه التكوينات تحديدا في منطقتين هما وادي غزالة ووادي نخيل ، وإن كانت المساحة التي تغطيها في وادي نخيل أكبر من تلك التي تغطيها في وادي غزالة ، ويتراوح لون هذه التكوينات بين الأخضر والرمادي في المناطق السطحية المجواه ، بينما تتحول الى اللون الأسود في المناطق التي لم تتعرض للتجوية ، وتتألف هذه التكوينات من حبيبات متوسطة الى خشنة وتأخذ بعض المفتتات الشكل المستدير Spherical نتيجة لعملية التجوية ، (Khalid , 1988, P. 52) .

٢- صخور الجرانيت المتداخلة Intrusive Granites

<u>يمكن تقسيم صخور الجرانيت المتداخلة إلى :</u>

الجرانيت الوردي (Rose) Biotite Granite وتغطى هذه التكوينات مساحة واسعة من منطقة الدراسة وخاصة حول وادي صعده ، وتتميز هذه التكوينات بلونها الوردي وحبيباتها كبيرة الحجم ، وتشكل مناطق مرتفعة وتنشر بها السدود الرأسية Dykes ، ويتداخل هذا النوع مع صخور الجرانيت الأبيض عند وادي نخيل على الجانب الشرقي ، ويتألف هذا النوع من الفلسبار والكوارتز والبيوتيت

الجرانيت الأبيض Muscovite Granite (White): وتنتشر هذه التكوينات في أودية وتير ولتحي الدوني ونخيل وصعيد ، وتتميز هذه التكوينات باللون الأبيض في المناطق المجواه Weathered Surfaces والأبيض الرمادي في المناطق البعيدة عن تأثير التجوية Fresh Surface ، ويتراوح حجم حبيبات هذه التكوينات بين المتوسط والخشن وتتراوح أبعاد البلورات من ٥-٧ سم ، وتتعرض هذه التكوينات لعملية التجوية وخاصة التجوية الميكانيكية كما تنتشر السدود الرأسية المتوازية وتأخذ الاتجاه الشمالي الشرقي الجنوبي الغربي كاتجاه عام ، ولا يزيد سمك هذه السدود عن ٢ متر (Khalid , A. 1988, P. 57) .

صورة (١-٣)

أحد الأودية الخانقية على الحافة الشرقية عند مخرج وادي وتير ويلاحظ امتلاء مجرى الوادي بالكتل الكبيرة "ناظراً صوب الشمال الشرقي"

الجرانيت الأحمر Perthitic Leccogranite (Red): تنتشر هذه التكوينات حول وادي وتير ووادي غزالة وإن كانت أقل انتشاراً من سالفتها ، وتتميز بصغر حجم حبيباتها مقارنة بالنوعين السابقين وهى أحدث عمراً وتنتشر بها الفواصل Joints ، وتتميز بلونها الأحمر وأحياناً الأحمر الوردي Pink ، وتتداخل هذه الصخور مع بعض الصخور المتحولة مثل النايس ديوريت والنايس جرانيتى ،صورة (١-٤)

السدود والقواطع Dykes & Sills :

تنتشر مجموعة كبيرة من السدود الراسية والأفقية Dykes & Sills فى المنطقة وتأخذ اتجاهات مختلفة وان كان اتجاه الشمال الغربي هو الاتجاه السائد وتتباين أطوال هذه القواطع من عشرات الأمتار إلى بضعة كيلومترات ويتراوح عرضها بين بضعة أمتار قليلة إلى نحو ١٠٠ متر ، ويتراوح عمر صخور السدود والقواطع بين ١٨-٢٢ مليون سنة ، وقد خلص (Steinitz, &, et-al, 1980,pp.27-29) إلى أن هذه القواطع نتاج فترة نشاط بركاني فى بداية الميوسين ارتبط بنشأة البحر الأحمر وخليجي العقبة والسويس .

وتتميز هذه السدود والقواطع بضعف تركيبها الصخري عن التكوينات المحيطة بها ، مما يؤدى إلى سهولة نحتها ، وتشغلها بعض المسيلات المائية الصغيرة فى صورة خوانق ضيقة، وتمتلئ هذه الخوانق بالرواسب والمفتتات الناتجة عن عمليات التجوية ، وتكون جوانب هذه الخوانق شديدة الانحدار أو فى أغلب الأحيان تكون جوانب عمودية ، وتأخذ هذه القواطع ألوان داكنة تميزها عن صخور الجرانيت المحيطة بها ، صورة رقم (١-١) .

ب- الصخور المتحولة :

تعد من أقدم الصخور فى منطقة الدراسة وتتمثل الصخور المتحولة فى مساحة صغيرة من المنطقة على جانبي وادي وتير وحول وادي صمغي ، شكل (١-١) ، وتشغل هذه التكوينات مساحة تبلغ نحو ٢ ٪ من جملة مساحة المنطقة إذ تبلغ المساحة التى تغطيها هذه التكوينات نحو ٧٩كم٢ ، جدول(١-١) ، وتتألف هذه التكوينات بصورة رئيسية من النايس ديوريت Dioritegneisses ، وتحيط هذه التكوينات بوادي وتير من الجانبين بين خطى عرض ٥ َ ٢٩ ْ ، ٥٧ َ ٢٨ ْ شمالاً ، وبين خطى طول ٣٤ َ ٣٤ ْ ، ٣٨ َ ٣٤ ْ شرقاً وتحيط الصخور المتداخلة Intrusive Rocks بهذه التكوينات من الشمال والجنوب ، شكل (١-١) ، ويحد هذه التكوينات حافات صدعيه واضحة ، (Khalid , 1988, P .35) .

وتتميز هذه التكوينات بطبيعتها الوعرة ، كما أنها تميل صوب الغرب ، ويتراوح لون هذه التكوينات بين الرمادي والأخضر وتتميز هذه التكوينات بطبيعتها الكتلية ، وتعد هذه التكوينات

صورة (١-٤)

الجرانيت الأحمر على الحافة الغربية عند مخرج الوادي الرئيسي ويلاحظ انتشار المسيلات المائية
ناظراً صوب الشمال الشرقي

الامتداد الجنوبي لتكوينات طابا التى تتألف من صخور النايس المشتقة من صخور الديوريت وتتميز بحبيباتها متوسطة الحجم والتى تتألف من الكوارتز والبيوتيت Biotite .

وقد قدر (Kroner, & Eyal, 1990, Pp.545-548) عمر هذه التكوينات بنحو ٧٨٢ مليون سنة ± ٩ ، بناءا على تقدير كمية المواد المشعة فى هذه التكوينات ، وقد مرت عملية تكوين هذه الصخور بأربعة مراحل :-

١- تكونت الصخور القاعدية فى البداية منذ ٨١٠ مليون سنة .

٢- تعرضت الصخور القاعدية لعمليات التعرية وتم إرساب طبقات سميكة من المفتتات التى تعرضت لعمليات التحول الإقليمي Regional Metamorphism خلال ٣٠ مليون عام ، خلال الفترة ٨١٠-٧٨٠ مليون سنة قبل الآن وتكونت خلال هذه الفترة تكوينات الديوريت نايس .

٣- فترة ظهور الصخور البلوتونية وبدأت بالديوريت وانتهت بصخور الجرانيت واستمرت هذه الفترة من ٧٨٠-٧٤٠ مليون سنة قبل الآن ، وأعقبت هذه الفترة فترة تحول أخرى انتهت قبل ٧٣٠ مليون سنة قبل الآن .

٤- وشهدت الفترة الأخيرة ، -٦٤٠ مليون سنة قبل الآن - إعادة تبلر الصخور المتحولة السابقة كما ظهرت تكوينات جرانيتية أحدث .

وبالإضافة إلى الصخور المتحولة السابقة ، يوجد أنواع أخرى من الصخور المتحولة بالمنطقة من أهمها النايس الجرانيتي التى يظهر على جانبي وادي صمغي ووادي وتير ، شكل (١-١) ، وتمتد هذه التكوينات باتجاه الشمال الغربي حتى وادي غزالة ، وتشغل هذه التكوينات القمم الجبلية ، ويتراوح لونها بين اللون البني والقرمزي ويصعب تحديد فواصل واضحة بين هذه التكوينات والتكوينات المجاورة نظرا لتغطية السطح بالمواد المجواه وخاصة البريشيا Breccia، إلى جانب انتشار الصدوع بالمنطقة ما يصعب معه تحديد حدود هذه التكوينات ، وفى بعض الأحيان تتحول التكوينات السابقة إلى بورفيروبلاستيك شبه جرانيتي Porphyroblastic Granitoids ، وتتميز بزيادة نسبة الفلسبار والبيوتيت ، وتظهر هذه التكوينات مجاورة للتكوينات السابقة وإن كانت تشغل مساحات محدودة يصعب تحديدها على الخرائط (Khalid , 1988, P. 43) .

ج - الصخور الرسوبية والرواسب السطحية :

تشغل الصخور الرسوبية والرواسب السطحية نحو ٨٢٪ من إجمالي مساحة المنطقة أو نحو ٣١٨٢ كم٢ ، وتشغل الصخور الرسوبية بمفردها نحو ٧٣٪ من إجمالي المساحة وتشغل معظم أجزاء الحوض ويتراوح عمرها بين الكمبري والإيوسين الأوسط :

وتتمثل هذه التكوينات بصورة رئيسية في :-

١- تكوينات الحجر الرملي ٢- تكوينات الحجر الجيري ٣ - التكوينات الطينية

<u>١- تكوينات الحجر الرملي</u>

وتتمثل هذه التكوينات في أربعة تكوينات هي من الأقدم إلى الأحدث .

٤- تكوينات مالحة

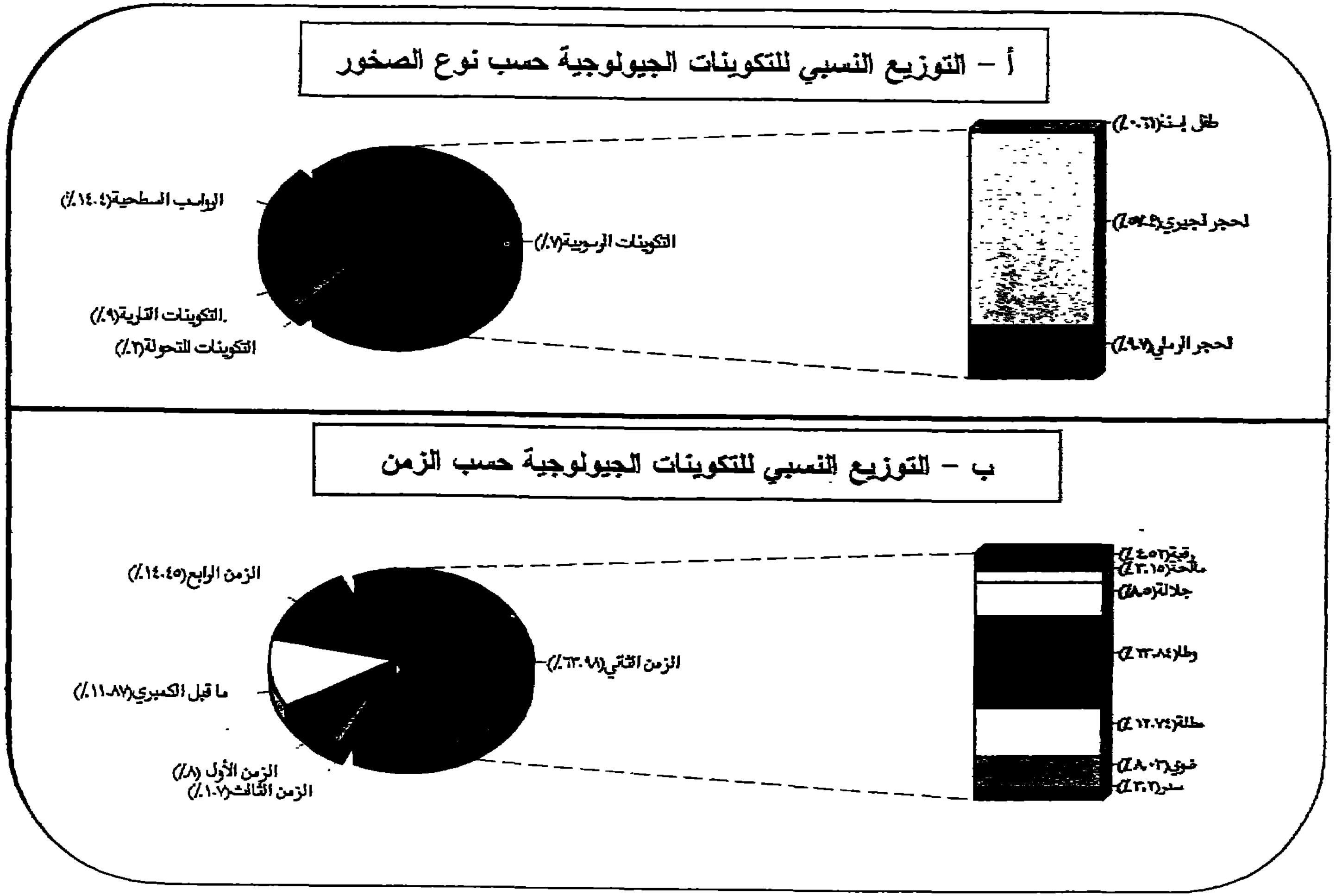
٣- تكوينات رقبة

٢- تكوينات ناقوس

١- تكوينات عربة

وتتألف التكوينات السابقة بصفة عامة من طبقات ذات سمك كبير يتراوح بين ٣٠ - ٧٠ متر وتتألف من حبيبات الرمال الناعمة إلى متوسطة الحجم ، وتتعدد ألوان صخور الحجر الرملي بالمنطقة من اللون الأبيض (تكوينات ناقوس) إلى صخر رملي متعدد الألوان (تكوينات مالحة) ، وقد لوحظ تعاقب تكوينات الحجر الرملي ، صورة (١-٥) ، إذ لا تفصلها تكوينات أخرى على الرغم من وجود أسطح عدم توافق نتيجة لاختفاء بعض التكوينات الجيولوجية .

- وتشغل صخور الحجر الرملي نحو ١٥٪ من جملة مساحة المنطقة ، وبصفة عامة تشكل تكوينات الحجر الرملي معظم جوانب الأودية وخاصة وادي غزالة ووادي الصوانة ووادي البيارية وبعض الأودية الشرقية (شرق المجرى الرئيسي لوادي وتير) ، وأكثر تكوينات الحجر الرملي انتشارا وأكبرها مساحة هي تكوينات عربة التي تظهر في الجزء الجنوبي الشرقي من الحوض على كلا جانبي الوادي ومنطقة صغيرة في أقصى الجنوب الغربي ، شكل (١ ١) .
- بينما تنتشر تكوينات رقبة (الجوارسي) انتشارا كبيرا على جوانب الأودية وخاصة وادي الزلقة وروافده ، إذ تشكل شريط متصل يحيط بجوانب هذه الأودية ، ومن خلال انتشار هذه الصخور واحتلالها لجوانب الأودية يتضح أنها كانت مطمورة اسفل التكوينات الأحدث وأدت عمليات التعرية المائية إلى ظهورها على السطح في صورتها الحالية ، ولا تشغل هذه التكوينات سوى ٤,٥٪ من إجمالي مساحة المنطقة ، شكل (١-٢) .
- ويجدر بالذكر أن هناك بعض تكوينات الحجر الرملي التي تحتوي على طبقات رفيعة من الطين مثل تكوين مالحة ويعتقد أن هذه التكوينات قد أسهمت عمليات التعرية النهرية في ترسيبها حيث جلبت هذه المفتتات وألقتها في بحر ضحل ، ويرجع تاريخ هذه التكوينات إلى الكريتاسي المبكر Early Cretaceous (Shabana , 1998,P.63) ، وتنتشر تكوينات مالحة انتشارا محدودا بالمنطقة وخاصة في الجزء الغربي من الحوض في المنابع العليا لأودية البيار



أ – التوزيع النسبي للتكوينات الجيولوجية حسب نوع الصخور
الرواسب السطحية(١٤.٤٪)
التكوينات الرسوبية(٧٪)
التكوينات النارية(٩٪)
التكوينات المتحولة(٢٪)
ب – التوزيع النسبي للتكوينات الجيولوجية حسب الزمن
الزمن الرابع(١٤.٤٥٪)
الزمن الثاني(٦٣.٩٨٪)
ما قبل الكمبري(١١.٨٧٪)
الزمن الأول (٨٪)
الزمن الثالث(١.٠٧٪)

شكل (١-٢)

صورة (١-٥)

تكوينات الحجر الرملي على جوانب الوادي وعلى مسافة ٣٧كم من مخرج الوادي
"ناظراً صوب الجنوب الغربي"

صورة (١-٦)

صخور الحجر الجيري الطباشيري على الجانب الأيسر لوادي أبيض بطنه
"ناظرا صوب الشمال الشرقي"

والزلقة ، ويقل انتشار هذه التكوينات على الجانب الشرقي عنه فى الجانب الغربي وربما يرجع ذلك إلى عدم تعمق البحر الذي كونها فى الجانب الشرقي نحو الجنوب .

وتظهر فى منطقتين ، الأولى فى أقصى الشمال الشرقي على هيئة شريط متعرج يأخذ الاتجاه الطولي والمنطقة الأخرى فى الأجزاء الشمالية لوادي البرقة ، شكل (١-١) .

٢- تكوينات الحجر الجيري .

وتتمثل هذه التكوينات فى سبعة تكوينات جيولوجية هى من الأقدم إلى الأحدث كما يلي :-

٧- تكوينات المقطم

٦- العجمة

٥- سدر

٤- تكوينات ضوي

٣- تكوينات مطلة

٢- تكوينات وطا

١- تكوينات جلاله :

ويتراوح عمر هذه التكوينات بين الكريتاسي الأسفل (تكوينات جلالة) والإيوسين الأوسط (تكوينات المقطم) ، وتشغل هذه التكوينات نحو ٥٧٪ من إجمالي مساحة المنطقة أي اكثر من نصف المساحة أو نحو ٢٠٧٣ كم٢ من إجمالي مساحة المنطقة .

وتتألف هذه التكوينات بصورة عامة من تتابعات من الحجر الجيري والحجر الجيري المارلي والحجر الجيري الطيني وتحتوى فى بعض الأحيان على راقات من الفوسفات (تكوينات ضوي) وعروق الجبس ، ويتراوح لون هذه التكوينات بين اللون الأبيض الناصع ويمثلها تكوينات الحجر الجيري الطباشيري (تكوينات العجمة) صورة (١-٦) ، واللون الرمادي (تكوينات وطا) ، ويتباين سمك التكوينات الجيرية من مكان لأخر فبعضها يصل سمكه لأكثر من ١٠٠ متر (تكوينات وطا) وأحيانا يقل هذا السمك ليصل إلى اقل من ٥ أمتار (تكوين ضوي) ، ولاشك أن اختلاف السمك يوحي باختلاف الظروف الجيولوجية التى ترسبت فيها تكوينات الحجر الجيري ، فعلى حين نجد أن تكوينات وطا وجلالة قد ترسبت فى بحر جيولوجي عميق فإننا نجد أن تكوينات ضوي وسدر قد ترسبت فى بحر ضحل متراجع نحو الشمال .

- وتنتشر تكوينات جلاله انتشاراً واسعاً فى منطقة الدراسة وخاصة حوض وادي الحيثي والشفلح ووادي الزلقة وروافده ووادي البيار على الجانب الغربي ، كما تنتشر هذه التكوينات على الجانب الشرقي وتحدها الخطوط البنيوية وخاصة فى الجزء الشمالي الشرقي من المنطقة ، شكل

(١-١) ، وتنتشر هذه التكوينات على جانبي وادي الحيثي بدءا من التقاءه برافده وادي أبو الثلم ولمسافة نحو ٢كم شمالاً ، ووادي قديرة والروافد العليا لوادي البطم ، ويصل سمك هذه التكوينات قرابة ١٠٠ متر وتتألف بصورة رئيسية من تتابعات من الحجر الجيري والحجر الرملي والحجر المارلي ويرجع عمرها إلى فترة السينوماني (الكريتاسي الأعلى المبكر) Early Upper Cretaceous .

- أما اكثر تكوينات منطقة الدراسة من حيث الانتشار والمساحة فهي تكوينات وطا الجيرية حيث تمثل قرابة ٢٣٪ من إجمالي مساحة المنطقة أو ٨٦١ كم٢ ، أي قرابة ربع مساحة المنطقة ، وتتألف هذه التكوينات بصورة رئيسية من طبقات متعاقبة من الحجر الجيري مع وجود راقات من المارل وخاصة في القسم الأسفل من التكوينات كما تحتوى على بعض راقات الحجر الرملي والحجر الجيري الدولوميتي ، (Shabana, 1998,P.67) ، وتتراوح نسبة الكربونات في الصخور من ٩٥ - ٩٨,٥٪ تقريباً ويصل سمكها لأكثر من ٢٥٠ متر في بعض الأحيان (وادي الشفلح) ويتراوح متوسط سمكها ٣٥-٩٠متر ، وكما أسلفنا فان هذه التكوينات تنتشر انتشاراً واسعا بالمنطقة ، شكل (١-١) ، ويعتقد الطالب ان البحر الجيولوجي الذى ترسبت فيه هذه التكوينات قد وصل إلى أوج عمقه واستقراره خلال فترة ترسيب هذه التكوينات خلال الطورونى (الكريتاسي الأعلى) .

- وتظهر تكوينات وطا الجيرية في كل أنحاء الحوض باستثناء منطقة الصخور النارية في الجزء الجنوبي الشرقي .

- وتغطى تكوينات مطله الجيرية نحو ١٢٪ من إجمالي مساحة المنطقة أو نحو ٤٦٠ كم٢، وتتألف هذه التكوينات من طبقات متعاقبة من الحجر الجيري الصلصالي كما تحتوى هذه التكوينات على أنواع عديدة من المنخربات Foraminifera .

وعلى الرغم من أن هذه التكوينات لا تغطى سوى ١٢ ٪ فقط من إجمالي مساحة الحوض إلا أنها ذات انتشار واسع ، فعلى الجانب الغربي تمثل هذه التكوينات نطاقا متصلا يبدأ من أقصى الشمال الغربي ويتجه جنوبا في صوره متصلة محيطا بالروافد العليا لأودية البطم وقديرة والصوانه حتى تنقطع هذه التكوينات بتكوينات سدر ، ثم تظهر مرة أخرى جنوب تكوينات سدر حيث تغلف الروافد العليا لوادي الزلقة وخاصة رافده الكبير وادي البيار ، وفي جنوب المنطقة تظهر هذه التكوينات في صورة جزر منعزلة تحيط بها تكوينات وطا من جميع الجوانب ، ولا تنتشر هذه التكوينات على الجانب الشرقي مثل انتشارها على نظيره الجانب الغربي وتوجد في صورة تلال منعزلة تحدها خطوط البنية وخاصة حول وادي مسك العبد (أحد روافد وادي الحيثي) ، ولا تظهر

هذه التكوينات على الجانب الشرقي جنوب خط عرض ١٣ ٢٩ ، بينما على الجانب الغربي تظهر التكوينات حتى الأطراف الجنوبية من المنطقة .

- أما تكويني ضوي وسدر فيمثلان معا نحو ١١ ٪ من إجمالي مساحة المنطقة ، وتتميز هذه التكوينات بصلابتها كما تحتوى على بعض جيوب الفوسفات وبعض راقات من الطفل والمارل ، وتتميز هذه التكوينات بلونها الأبيض ، ويصل سمكها ما بين ١٢-٨٠ متر وهى اقل انتشارا من التكوينات الجيرية السابقة وتظهر هذه التكوينات غربي المنطقة فى صورة نطاقين متجاورين متصلين وتمثل معظم الروافد العليا لأودية القسم الغربي ، بينما على الجانب الشرقي تكاد تختفي هذه التكوينات ولا تظهر إلا في صورة بقع محدودة وصغيرة المساحة وخاصة على الجانب الشمالي لوادي مسك العبد (أحد روافد وادي الحيثي)

- وتتمثل تكوينات الإيوسين الأوسط والأعلى فى تكويني **العجمة والمقطم** على التوالي ، ويمثل التكوينان معا نسبة ضئيلة للغاية تصل إلى ١٪ تقريبا من إجمالي منطقة الدراسة ، وتتألف هذه التكوينات من الحجر الجيري الطباشيري (تكوينات العجمة) وحجر جيري أبيض باهت اللون غني بالأحافير (تكوين المقطم) .(خريطة المساحة الجيولوجية ١٩٩٤ ، لوحة سيناء ٢) .

وكما أن هذه التكوينات ذات مساحة محدودة جدا فان انتشارها محدود أيضا ، وتظهر تكوينات العجمة فى صورة نطاق ضيق الاتساع يصل متوسطا اتساعه لنحو ١٠٠ متر بينما يصل امتداد هذا النطاق لأكثر من ١١كم ، شكل (١-١) ، وجدير بالذكر أن هذه التكوينات تمثل الجزء الجنوبي الشرقي من هضبة العجمة الجيرية حيث اشتقت هذه التكوينات اسمها ، أما على الجانب الشرقي للمنطقة فلا تظهر هذه التكوينات سوى فى مناطق محدودة جدا حيث تظهر جنوب وادي مسك العبد . كما تمثل هذه التكوينات الحافة الشرقية لوادي وتير بين مصبي وادي أبو علاقة والشفلح .

- أما تكوينات المقطم (الإيوسين الأوسط) فلا تظهر إلا فى منطقة واحة على الجانب الغربي بين خطي عرض ١٠ ٢٩ ، ١٢ ٢٩ وبين خطي طول ١٣ ٣٤ ، ١٤ ٣٤

<u>٣ - التكوينات الطينية :</u>

وتتمثل فى تكوينات إسنا حيث تشغل مساحة تقدر بحوالي ٠,٦١ ٪ من إجمالي المنطقة، ويعد (Said, 1962.Pp.94-95) أول من أطلق هذا الاسم على هذه منطقة إسنا فى وادي النيل ، وتتألف هذه التكوينات بصورة رئيسية من الط تداخلات من الحجر الطيني Claystone ، ويصل سمك هذه التكوينات ٥

سمكها فى منطقة الشيخ عطية لنحو ٢٩متر ، وتنتشر هذه التكوينات فى الجزء الغربي من المنطقة فى صورة لنطاق ضيق متصل يبلغ طوله ١٢ كم واتساعه ٧٥-١٠٠ متر ،شكل (١-١) . ويقل انتشار هذه التكوينات على الجانب الشرقي حيث تنتشر فى مناطق محدودة شرقي وادي وتير وجنوبي وادي مسك العبد .

الرواسب السطحية :

تتمثل الرواسب السطحية فى رواسب بطون الأودية ، ورواسب المراوح الفيضية صورة (١-٨) ورواسب الحمادة النهرية ورواسب وتير وبعض الإرسابات الساحلية ، ويرجع عمر هذه التكوينات إلى الزمن الرابع ، وتمثل هذه الرواسب لنحو ١٤٪ من إجمالي مساحة المنطقة ، وتنتشر انتشارا واسعا خاصة رواسب بطون الأودية ،صورة (١-٧) التى تتألف من الحصى والرمل والسلت ويصل سمك رواسب وادي وتير فى بعض الأماكن لأكثر من ٣ أمتار ، وتتألف هذه الرواسب من الحصى والمفتتات والرمال بأحجامها المختلفة ، وتسهم السيول التى يتعرض لها الوادي من فترة لأخرى فى جلب هذه المفتتات من الروافد الكثيرة للوادي وإلقائها فى قاع الوادي .

ثانيا : التتابع الطباقي Stratigraphy

تهدف دراسة التتابع الطباقي إلى دراسة التتابع الرأسي للطبقات الجيولوجية من حيث السمك وسطوح التوافق وعدم التوافق ودرجة صلابة الصخور ومدى تأثير ذلك على الأشكال الجيومورفولوجية بالمنطقة محل الدراسة .

ويوضح جدول (١- ١) التتابع الطباقي للمنطقة ويلاحظ منه ما يلي :

- اختفاء بعض الصخور من التتابع الجيولوجي وهى من الأقدم إلى الأحدث الأردوفيشي والسيلوري والديفونى والكربوني والبرمي والترياسي والميوسين والاوليجوسين والبليوسين على التوالي ، وترتكز تكوينات الجوراسي مباشرة بسطح عدم توافق فوق تكوينات عصر الكمبري ، وتمثل هذه الفترة أطول فترة انقطاع في العمود الجيولوجي ، وقد لاحظ (صالح ، ١٩٨٥ ، ص ١٨٠) اختفاء هذه الصخور ايضا في اغلب الأراضي المصرية ، إلا انه لا يوجد تفسير محدد لهذه الظاهرة .

أما اختفاء صخور الميوسين والاوليجوسين والبليوسين فربما يرجع إلى عدم تكون هذه الصخور فى المنطقة من الأصل ، أو أن هذه الصخور خاصة صخور الميوسين قد تعرضت لعوامل التعرية التى أزالتها من التتابع الطباقي .

صورة (١-٧)

رواسب بطون الأودية في وادي أبيض بطنه ويلاحظ انتشار النباتات في مجرى الوادي "ناظراً صوب الشمال الغربي"

صورة (١-٨)

الرواسب السطحية في دلتا وادي وتير ومعظمها رواسب ناعمة كما تظهر بعض النبكات الرملية "ناظراً صوب الجنوب"

- تمثل تكوينات الكريتاسي الأعلى السمك الأكبر فى العمود الجيولوجي ، إذ يتراوح سمكها بين ١٣٥-٣١٢ متر تقريبا وتنقسم تكوينات الكريتاسي الأعلى في المنطقة إلى الفترات الأتية :-

السينوماني Cenomanian

والطوراني Turonian

والسانتوني Santonian

ويزيد السمك ليصل لأكثر من ٣٥٠ متر إذا أضفنا تكوينات الكريتاسي الأسفل ، وان كان البعض قد أشار إلى أن سمك صخور الكريتاسي قد يصل لأكثر من ٥٠٠ متر ، (Shabana, 1998,P.52) .

- وتعد صخور القاعدة الموجودة بالمنطقة جزء من الكتل العربية النوبية - Arabian Nubian Shield وتتكون بصوره أساسية من الجرانيت والديوريت وهى صخور قاعدية بصفة عامة ويرجع تاريخ نشأتها إلى ٧٤٠-٧٨٠ مليون سنة قبل الان ، (Kröner, & Eyal, 1990,p.548).
- وتوجد صخور عصر الكمبري مباشرة فوق صخور الأساس وتتألف هذه الصخور بصورة أساسية من وحدتين ، هما تكوين عربة وتكوين ناقوس ، وقد بلغ سمك تكوين ناقوس حوالي ١٣٠ متر بينما بلغ سمك تكوين عربة نحو ٦٥ متر (Shabana, 1998,P.59) .

وتتألف صخور الوحدتين بصورة رئيسية من الحجر الرملي ، وان وجدت بعض الاختلافات البسيطة بين مكونات الوحدتين ، شكل (١-٣) .

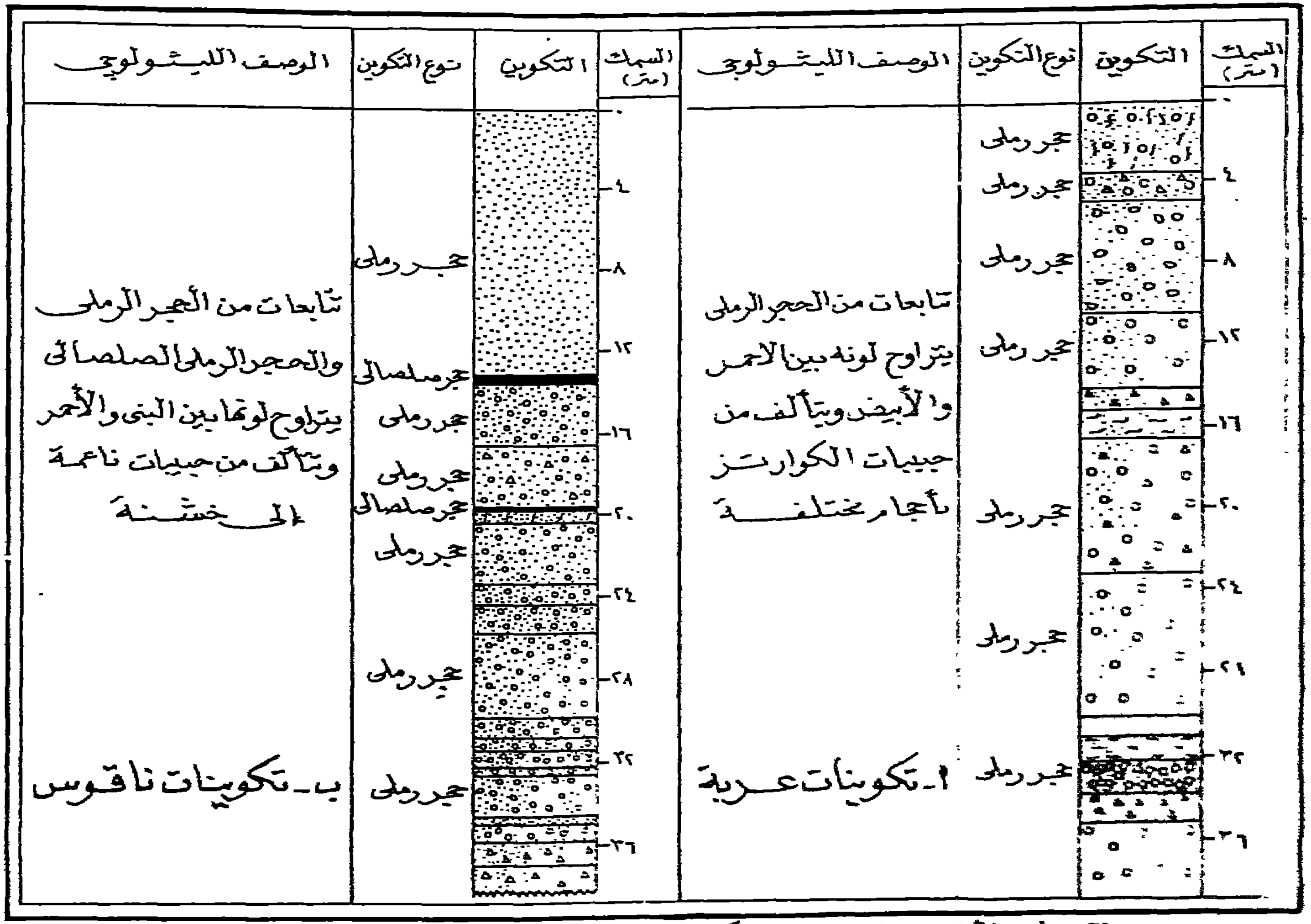
. وقد لاحظ (Eweda , 1992, P.16) أن سمك طبقات الحجر الرملي التى ترجع إلى ما قبل السينوماني يبلغ سمكها نحو ٢٥٠ متر عند قرية الشيخ عطية (وسط منطقة الدراسة) ، ويقل سمكها بالاتجاه شمالاً ويصل لنحو ٤٥ متر فى منطقة خشم الطارف (شمال منطقة الدراسة) ، كما أنها تختفي تماماً فى غرب منطقة الدراسة .

كذلك فقد أشار الكيلاني وسعيد (El kelany, &.Said, 1988, pp. 23-30) إلى أن تكوين عربة يتألف من تتابعات من صخور الحجر الرملي الذى يتراوح لونه بين الأحمر والأبيض ويتألف أساسا من حبيبات الكوارتز ، أما مكون ناقوس فيتألف أيضاً من تتابعات من الحجر الرملي ، والحجر الرملي الطيني ، وتتراوح حبيباته بين الحبيبات الناعمة والمتوسطة والخشنة ، وإن كان أكثر تماسكاً من تكوين عربة ، ويتراوح لونه بين البني والأحمر ، شكل (١-٤) .

اسم التكوين		السمك (متر)		الوصف	التاريخ: الحقبة		العصر	الزمن
وطا		٢٠		حجر جيرى دولوميتى	الطورانى			
رحا		٨٠		مارل + حجر جيرى مارلى ذو لون أصفر إلى أخضر	السينومانى	المتأخر	الكريتاسى	الثانى
مالحة		١١٠		حجر رملى يتعاقب مع حجر طينى	الألبى - الأبتى	المبكر		
رقبة		٢٥		حجر رملى		المبكر	الجوراسى	
ناقوس		٦٥		حجر رملى يحتوى على حبيبات كوارتز متوسطة الحجم		المتأخر	الكمبرى	الأول
عربة		١٣٠		حجر رملى أبيض إلى رمادى مع وجود بعض أنواع الحفريات		المبكر		
صخور الأساس								

شكل (١-٣) التتابع الإستراتيجرافى لتكوينات الزمن الأول والثانى

المصدر: (Shabana, 1999,p.59)



شكل (١-٤) التتابع الإستراتيجرافي لتكوينات عربة وناقوس المصدر: (El_Kelany,&Said,1988Pp.23-29)

- ويلي تكوين الكمبري تكوين رقبة بسطح عدم توافق إذ تختفي تكوينات بعض الأزمنة الجيولوجية ، ويرجع عمر تكوينات رقبة إلى عصر الجوراسي ، ويبلغ سمكه ١٥-٣٥ متر، ويتألف أساسا من صخور الحجر الرملي الذي يتراوح لونه بين الأبيض والأصفر ويحتوى على بعض العقد الحصوية وبعض راقات الطفل ، (Shabana, 1998,P.61) .

- ويعلو تكوين مالحة (الكريتاسي الأسفل) تكوين رقبه بسطح عدم توافق ، والسطح الفاصل بين التكوينين يتألف من طبقة من الكونجلومرات الصلبة والتربه القديمة ، أما تكوين مالحة نفسه فيتألف من حجر رملي متعدد الألوان متبادل مع حجر طيني في صورة عدة طبقات متتالية ، والحجر الرملي متماسك بمواد كاولينيه ، ويتراوح سمكه بين ١٠-٢٠ متر ، (الهيئة المصرية العامة للمساحة الجيولوجية المشروعات التعدينية ، ١٩٩٨، ص٨) .
- ويعلو تكوين جلاله (السينوماني) تكوين مالحة بسطح عدم توافق إذ يفصل بينهما طبقة رقيقة من الكونجلومرات وتربه قديمة شديدة التعرية ، وقد قام عرابي (Orabi, 1993, Pp. 233-242) بتقسيم تكوين جلاله إلى تكوينين فرعيين هما تكوين رحا وتكوين أبو قاده Raha & Abou Qada Formations ، شكل (١-٥) .

وينقسم تكوين رحا بدوره إلى ثلاثة أعضاء هي من الأقدم إلى الأحدث كما يلي :-

٣- عضو أكما (السينوماني المتأخر)

٢- عضو مقطب (السينوماني المتأخر)

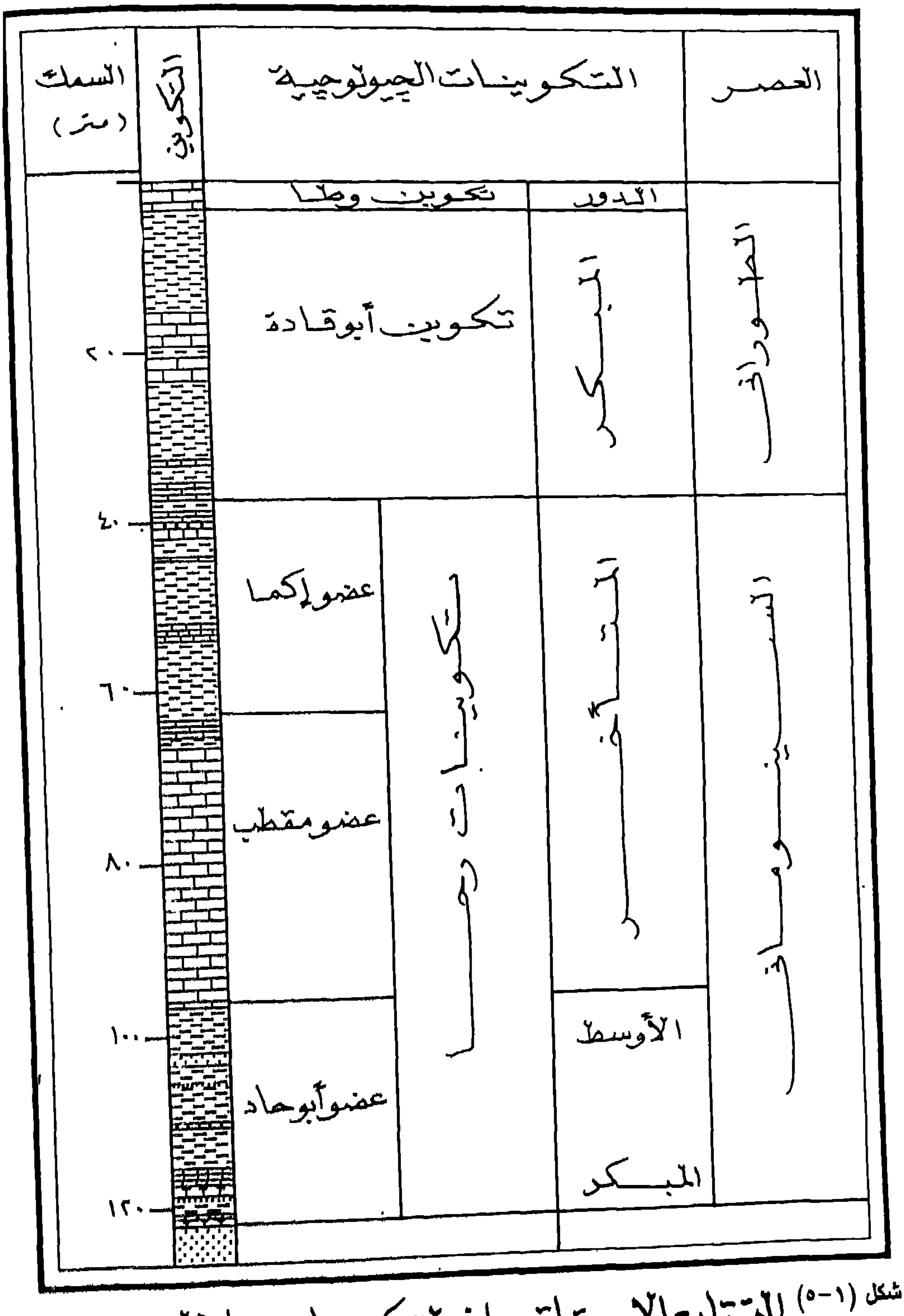
١- أبو حاد (السينوماني المبكر)

وكما يتضح من شكل (١-٥) فان عضو أبو حاد Abou-Had Member يتألف أساسا من تعاقب من الطفل والمارل والحجر الرملي والحجر الجيري ويبلغ سمكه نحو ٢٧,٢ متر ، ولا تحتوى رواسب هذا العضو على حفريات لافقارية Macro Invertebrate Fossils .

أما عضو المقطب Mukattab Member

فتتألف من تتابعات كلسية صلبة تقع فوق عضو أبو حاد ويبلغ سمكها نحو ٣٠ متر ، وربما ترجع صلابة هذه الصخور إلى أنها قد تكونت فى مياه عميقة أكثر من نظيرتها تكوينات أبو حاد السالفة الذكر .

ويتألف عضو إكما من تتابعات من المارل والطفل والحجر الرملي مع وجود راقات من الحجر الجيري فى بعض المناطق ، وبلغ سمك هذه التكوينات حوالي ٢٤ متر وقد ترسبت هذه



شكل (١-٥) التتابع الإستراتيجرافي لتكوينات جلالة

المصدر: (Orabi,H.O., 1993,p.234)

التكوينات في مياه بحرية ضحلة ، وربما تكونت هذه الرواسب في فترة شهدت تذبذب في مستوى سطح البحر (Orabi, 1993, P. 237) .

أما تكوينات أبو قاده Abou Qada Formation التى ترجع إلى أوائل الطوراني Early Turonian فإنها تقع فوق تكوينات إكما ومتوافقة معها ، ويبلغ سمك هذه التكوينات نحو ٣٨ مترا ، وتتألف بصورة أساسية من المارل والطفل وراقات من الحجر الرملي كما تحتوى هذه التكوينات على راقات صلده من الحجر الجيري والحجر الطيني ، وتحتوى على الكثير من المنخربات Foraminifers مثل Heterohelix Reussi .

- وترتكز تكوينات وطا فوق تكوينات جلالة السابقة ، ويبلغ متوسط سمكها في منطقة الدراسة حوالي ١٢٥ متر وقد أشار (Eweda , 1992 , Pp. 32-40) إلى أن هذا التكوين يتألف من عضوين رئيسيين هما :

٢- عضو الصخور الكربونية الأعلى

١- عضو الطفل الأسفل

- ويتألف عضو الطفل بصورة رئيسية من الطفل وبعض طبقات الحجر الجيري ويحتوى هذا التكوين على الكثير من الحفريات ، كما يحتوى التكوين على بعض عروق الجبس في منطقة الشيخ عطية ، كذلك تحتوى هذه التكوينات على طبقات الدولوميت التى تتميز بصلادتها وتتراوح لونها بين الرمادي والبني ، وكذلك توجد راقات من المارل في الجزء الأسفل من هذه التكوينات ، شكل (١-٦) ، ويتراوح لون هذه التكوينات بصفة عامة بين الأخضر والرمادي .

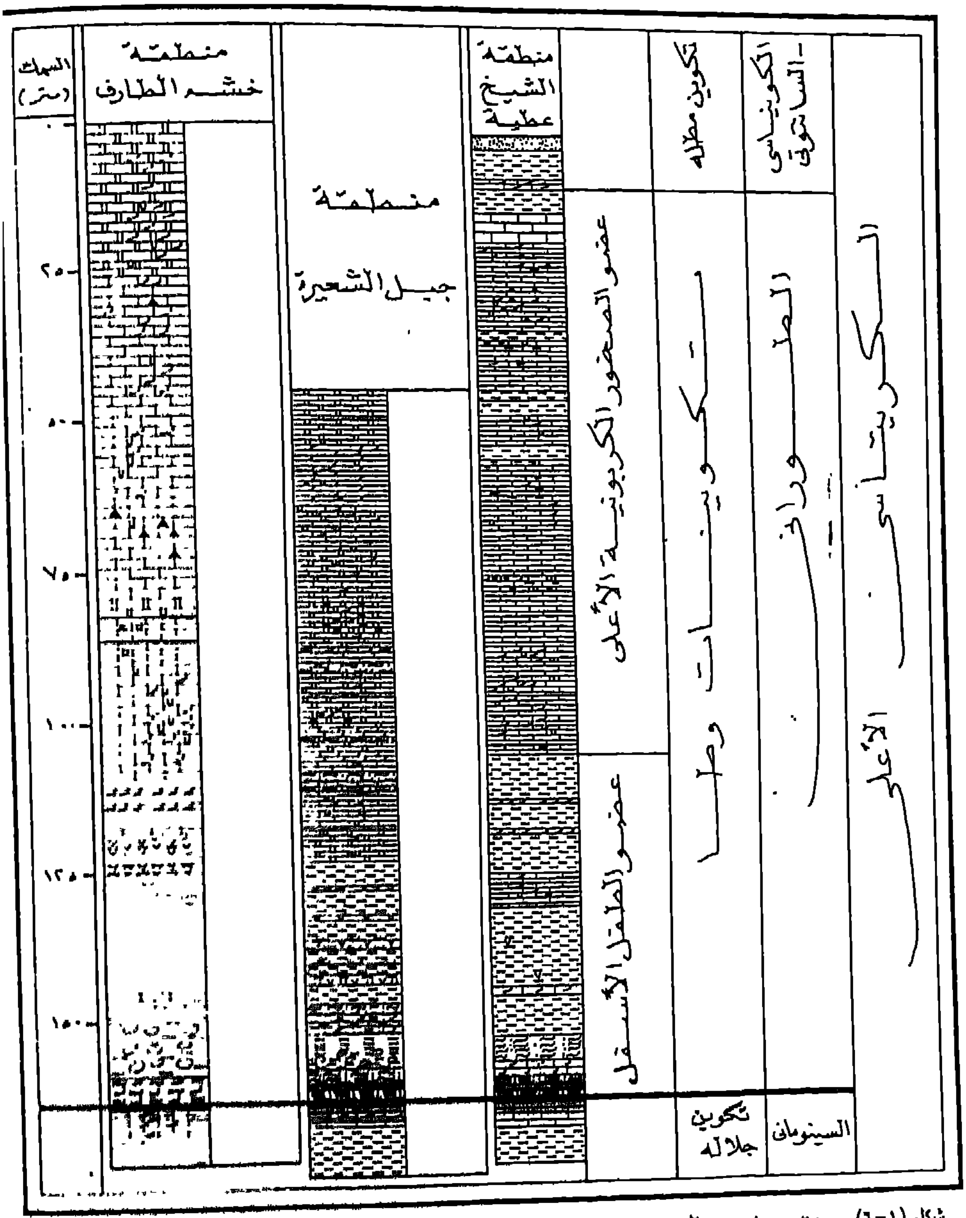
- وتتألف الصخور الكربونية من الصخور الطينية ORGILLACEOUS في صورة طباقية منتظمة وطبقات من الحجر الجيري في منطقة الشيخ عطية بينما تحتوي هذه التكوينات على صخور الحجر الجيري في منطقة الشعيرة وخشم الطارف في شمال حوض التصريف ، كذلك تحتوى هذه الرواسب على عقد المرو والتى تتراوح أقطارها بين ٥-١٥ سم .

- وتتألف تكوينات مطله Matulla -التى ترتكز فوق تكوينات وطا - بصوره رئيسية من الطفل الكلسي والحجر الرملي والحجر الصلصالي مع وجود بعض راقات من الحجر الجيري وبعض راقات المرو في الجزء العلوي من التكوينات . **ومن خلال الشكل (١-٧) يتضح أن** هذه التكوينات تنقسم إلى أربع أقسام ثانوية هى :-

٤ - رواسب الطفل

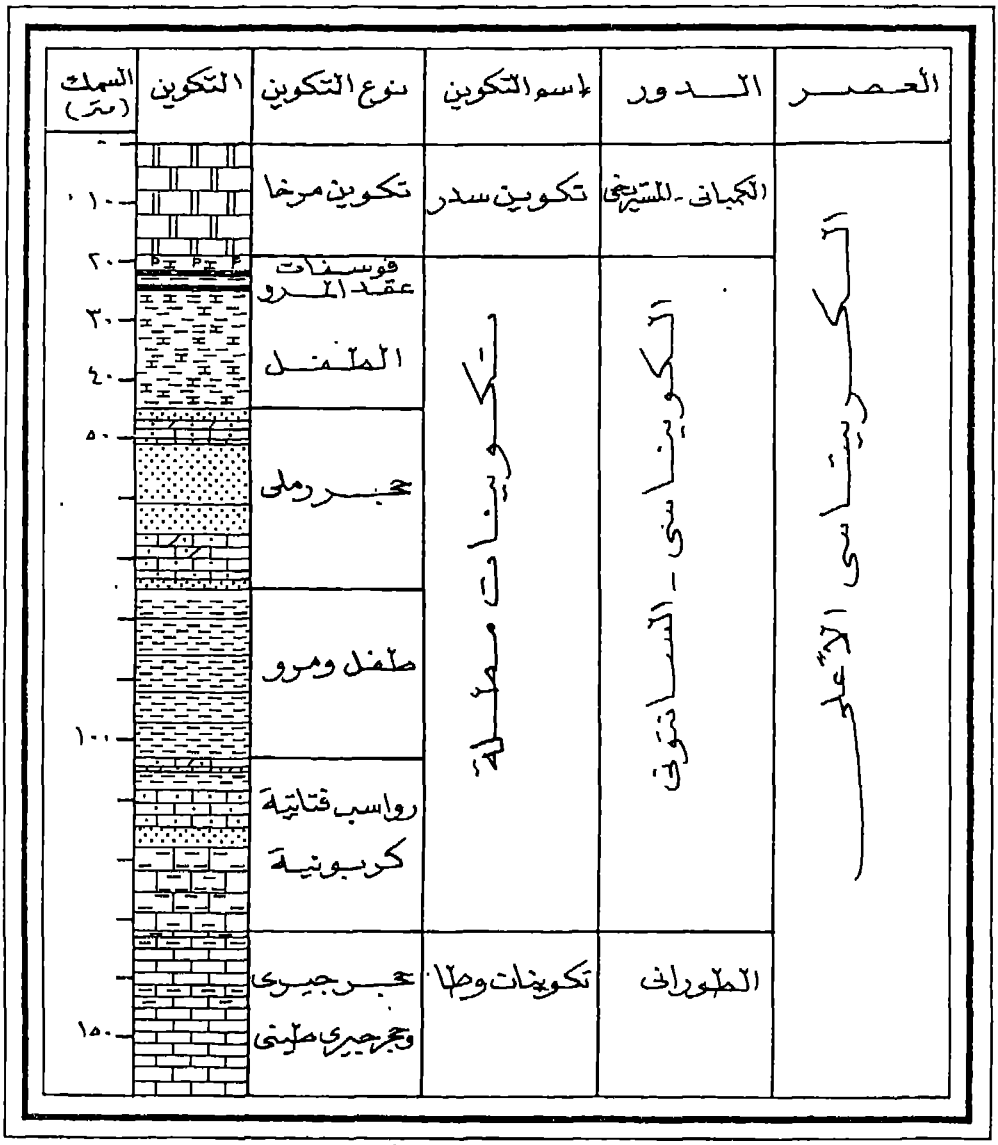
٣ - حجر رملي

٢ - طفل ومرو



شكل (١-٦) التتابع الإستراتيجرافى لتكوينات وطا

المصدر: (Eweda, 1992,p.33)



شكل (١-٧) التتابع الإستراتيجرافي لتكوينات مطلة

المصدر: (Eweda, 1992,p.55)

١ - رواسب فتاتية كربونية

- وتمثل الرواسب الفتاتية الكربونية وحدة انتقالية بين تكويني وطا -الذى يحتوى على الكثير من الصخور الكربونية- وتكوين مطله -الذى يحتوى على الكثير من الرواسب الفتاتية - ، وتحتوى طبقة الطفل والمرو على تعاقب من راقات الطفل تفصلها طبقات المرو الرقيقة "قدر عددها بنحو ١٤ طبقة رقيقة " ، (Eweda, 1992, P.48)

- أما طبقة الطفل العليا فتتألف بصورة رئسيه من الطفل مع بعض تداخلات من الحجر الجيري ، كما تحتوى هذه التكوينات على طبقة رقيقة من الفوسفوريت يبلغ سمكها حوالي ٢٠- ١٠٠ سم ، وتتميز هذه الطبقة بصلادتها وكثره الحفريات بها ، ووجدت بها بقايا أسنان لأسماك كبيرة الحجم ، (Eweda, 1992, P.53) .

- ويرتكز تكوين ضوي فوق تكوين مطله ويتألف التكوين بصوره رئيسية من الحجر الجيري ، صلب إلى متوسط الصلابة ، أبيض اللون ويميل إلى اللون الرمادي ، ويظهر على هيئة طبقات متوسطة السمك متبادلة مع طبقات رقيقة من الحجر الجيري المارلي والمارل الأصفر والمارل الطيني ، وهذا التكوين غنى بالحفريات البحرية وبعض قطع العظام القديمة والجيوب الفوسفاتية ، شكل (١-٨) .

- أما تكوين سدر فيتألف بصورة رئيسية من الحجر الجيري الطباشيري والحجر الطيني إلى جانب طبقة رقيقة من الفسفوريت تتوسط التكوين تقريبا ، شكل (١-٩) ، وقد قام (Eweda, 1992, P.67) بتقسيم تكوينات سدر إلى قسمين هما من الأحدث إلى الأقدم .

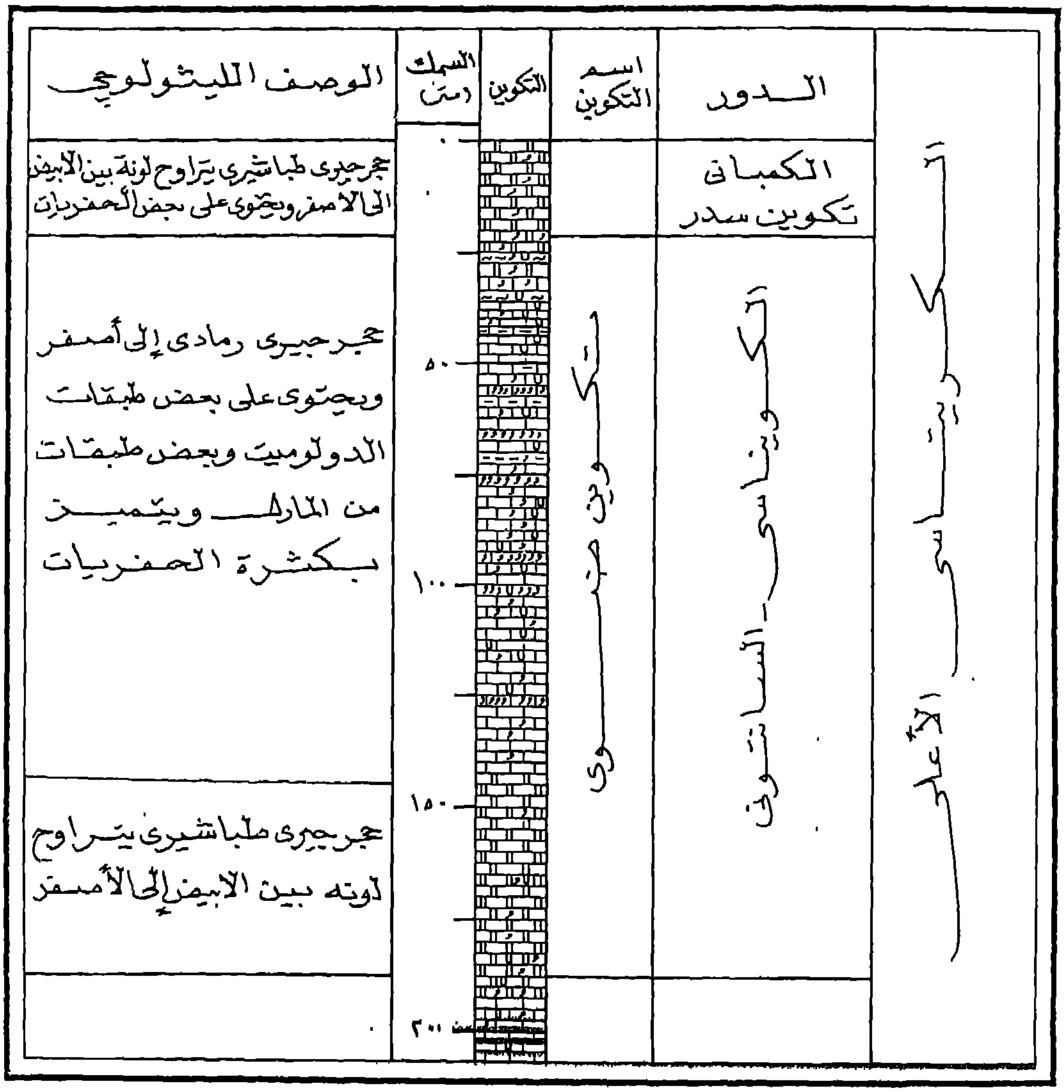
٢- تكوين مرخا

١- تكوين أبو زنيمة

- ويتألف تكوين مرخا بصورة أساسية من حجر جيري كلسي مع وجود راقات من المرو وطبقات من الحجر الطيني ويبلغ سمك هذه التكوينات ٢٥-٣٨ متر .

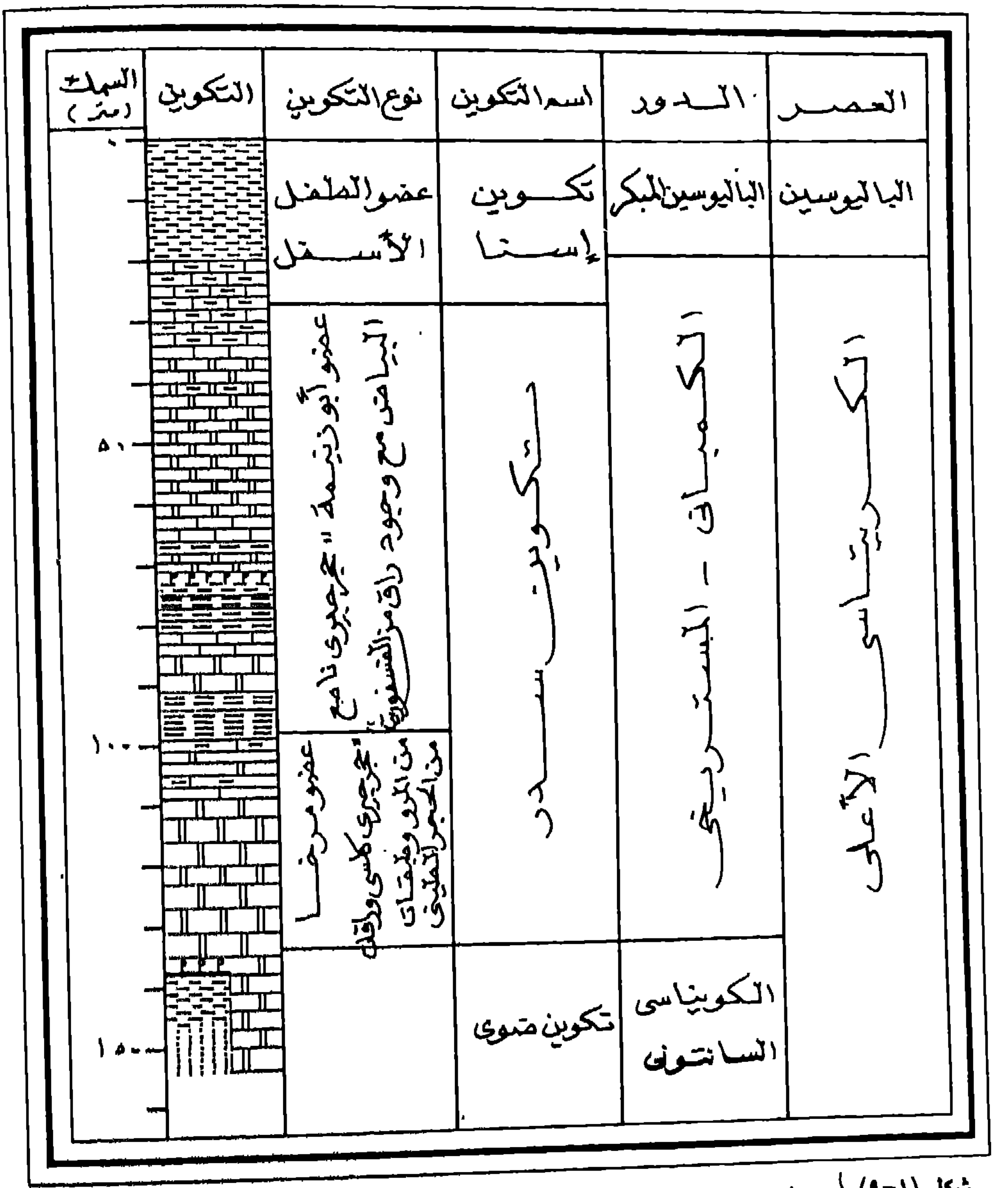
- أما تكوين أبو زنيمة فيتألف بصورة رئيسية من الحجر الجيري ناصع البياض وحجر طيني كلسي وراق من الفسفوريت يفصله عن التكوين السابق ، ويبلغ سمك تكوين أبو زنيمة ٤٠- ٧٤ متر .

وبصفة عامة يعلو تكوين سدر بمكونيه - مرخا وأبو زنيمة- ، تكوين ضوي بسطح توافق ، وان كان من الصعب تحديد الحدود الفاصلة بين تكوين سدر وتكوين ضوي نظراً لتشابه الرواسب فى منطقة الالتقاء ، ولكن من الممكن تحديد الحد الفاصل عن طريق معرفة نوع الحفريات الموجودة فى كل تكوين (Eweda, 1992, P.59-69) .



شكل (١-٨): التتابع الإستراتيجرافى لتكوينات منـوى

المصدر: (Eweda, 1992,p.63)



شكل (١-٩) التتابع الإستراتيجرافي لتكوينات سدر

المصدر: (Eweda, 1992,p.72)

وتتألف رواسب طين إسنا Esna Shale بصورة رئيسية من رواسب الطفل الهشة التى يميل لونها للون الأخضر وتنقسم هذه التكوينات إلى قسمين تبعا لخصائصها الليثولوجية هما :-

٢- رواسب حجر طيني ومرو

١- طبقة سميكة من الطفل

ويبلغ سمك طبقة الطفل السفلى نحو ٢٧ متراً عند قرية الشيخ عطية ،شكل (١-١٠) ، وكما سبق فهى تتألف بصورة رئيسية من الطفل كما توجد راقات صغيرة من المارل وهذه التكوينات تتميز بهشاشتها ولذلك تتعرض للتعرية بصورة سريعة خاصة فى الأماكن التى تظهر فيها على السطح .

ويتألف الجزء الأعلى من تكوينات إسنا من الحجر الطيني وطبقات رقيقة من المرو ويتراوح سمكها من ١٠-١٥ سم في صورة طباقية منتظمة ، ومن السهل تحديد الخط الفاصل بين رواسب طفل إسنا وتكوين عجمه الذى يعلوه والذي يتألف من الحجر الجيري الطباشيري .

ويعلو تكوين عجمة رواسب طين إسنا السابق ومما يذكر ان تكوين عجمه يناظر تكوينات طيبة الجيرية التى تؤلف حافتي وادي النيل في بعض الأماكن ، وترجع هذه التكوينات إلى عصر الإيوسين الأسفل ، ويتفاوت سمك هذه الرواسب من مكان لأخر ويصل متوسط سمكها ٣٠-٤٠ متراً وربما يزيد السمك عن ذلك قليلاً .

وتتألف تكوينات العجمه من طبقتين متميزين هما :- شكل (١-١١)

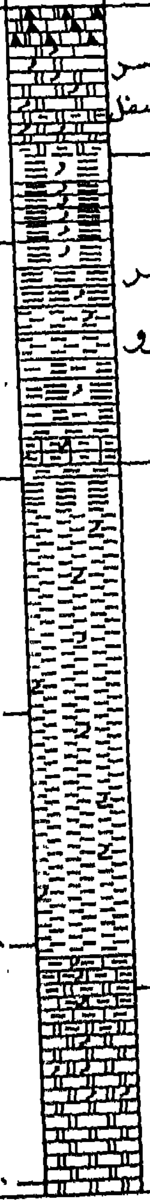
٢- طبقة الحجر الجيري المختلط بالمرو

١- طبقة الحجر الجيري الطباشيري

- وتحتوى طبقة الحجر الجيري السفلي على رواسب جيرية صلده مع بعض عقد المرو التى تتراوح أقطارها بين ٥-١٥ سم ، بينما يتراوح سمك الطبقة ككل من ١٠-١٥ متر.

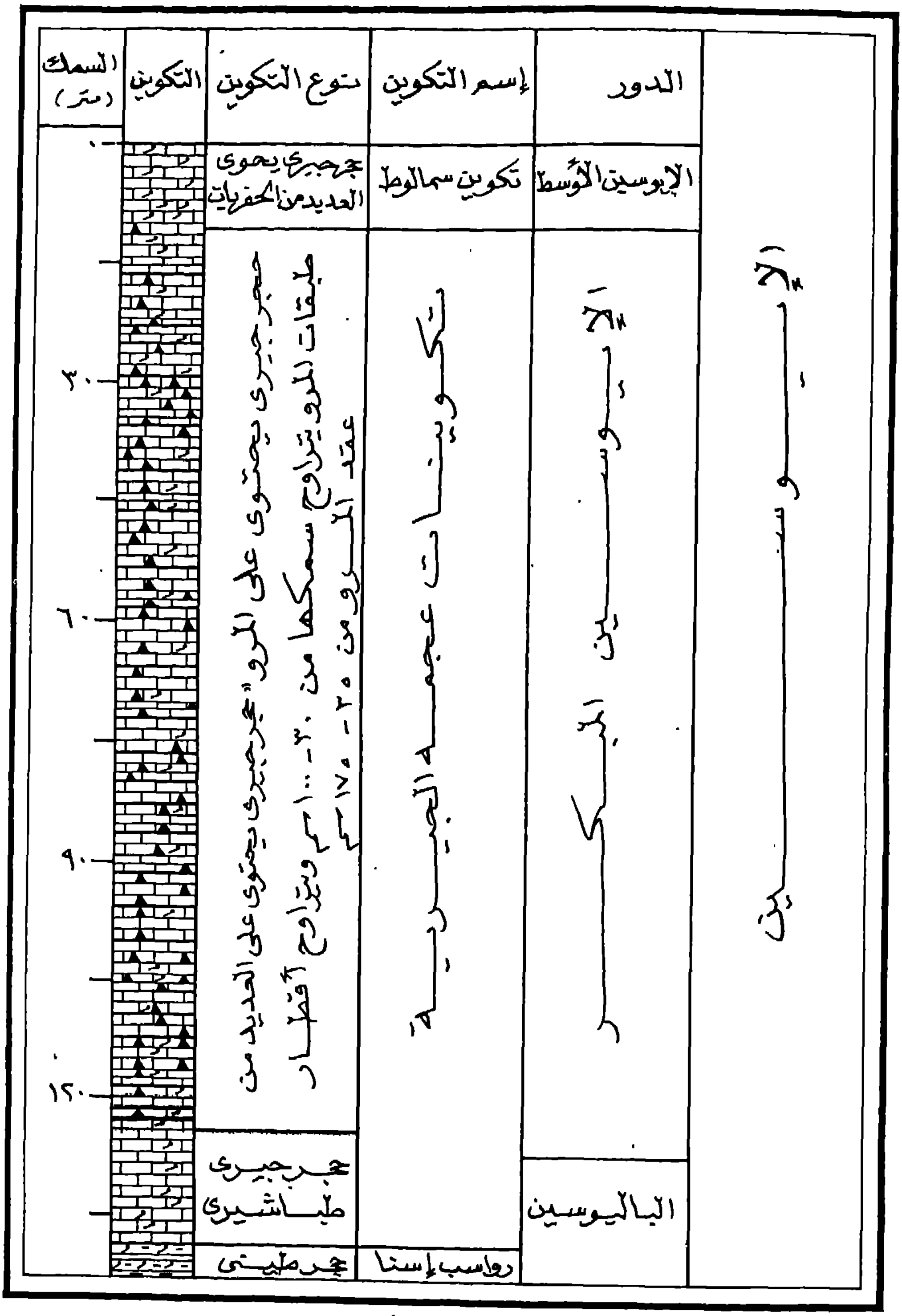
- وتتألف الطبقة العليا من الحجر الجيري مع وجود طبقة سميكة من المرو Chert فى صورة عقد أو فى صورة طبقات متداخلة مع طبقات الحجر الجيري ، ويبلغ سمك راقات المرو من ٣٠-١٠٠ سم وتتراوح أقطار المرو من ٣٥ -١٧٥ سم وتتميز بإستدراتها النسبية ، ويبلغ سمك هذه الطبقة من ٢٠-٤٠ متراً .

والتكوين الذى يعلو تكوينات العجمه هى تكوينات المقطم ، وتتألف بصورة أساسية من صخور الحجر الجيري النوموليتي مع بعض التداخلات من راقات المارل ، كما توجد طبقة من الحجر الجيري الطباشيري فى الجزء الأسفل من هذه التكوينات ، شكل (١-١٢) .

العصر	الدور	اسم التكوين	نوع التكوين	التكوين	السمك (متر)
الإيوسين	الإيوسين المبكر	تكوين عجمة	عضو الحجر الطباشيري الأسفل		٠
الباليوسين	التانيتي / الإيبري	تكوين إسنا	رواسب الحجر الطينى والمرو		٢٠
			عضو الطفل الأسفل		٤٠ ، ٦٠
الكريتاسى الأعلى	المستريخي	تكوين سدر	عضو أبو زنيمة		٨٠ ، ١٠٠

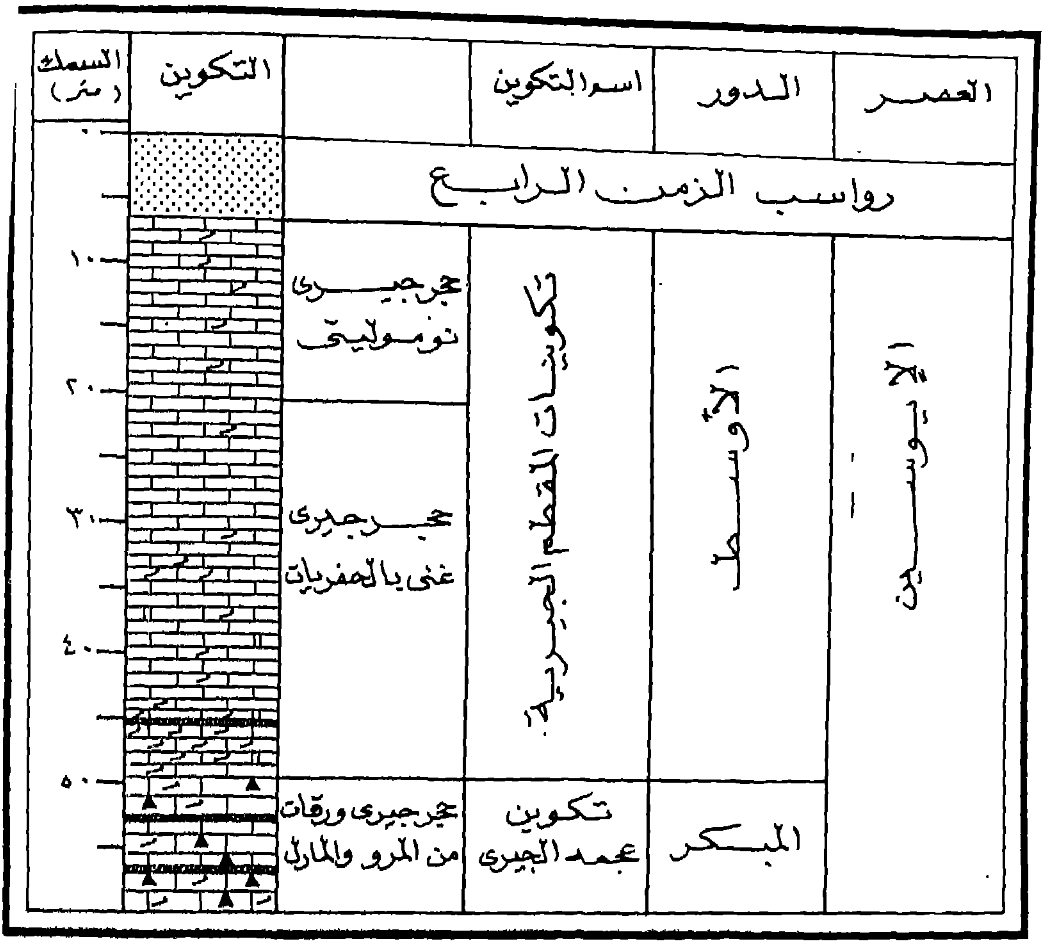
شكل (١-١٠) التتابع الإستراتيجرافى لتكوينات إسنا

المصدر: (Eweda, 1992,p.74)



شكل (١-١١) التتابع الإستراتيجرافي لتكوينات عجمة الجيرية

المصدر: (Eweda, 1992,p.83)



شكل (١-١٢) التتابع الإستراتيجرافي لتكوينات المقطم الجيرية

المصدر: (Eweda, 1992,p.89)

وفى قمة عمود التتابع الصخري تأتى تكوينات الزمــن الرابــع - بعصريــه البليستوســين والهولوسين - التى ترتكز فوق تكوينات العجمه بسطح عدم توافق لاختفاء بعض التكوينات مــن العمود الجيولوجي ، وتتألف تكوينات الزمن الرابع بصوره رئيسية من رواسب بطون الأوديــة ورواسب المراوح الفيضية والإرسابات الساحلية على دلتا وادي وتير ، ويبلغ ســمك رواســب الزمن الرابع ما بين ٣٠-١٠٠ متر تقريبا ، ويمكن تقسيم رواسب الزمن الرابع إلى :-

- رواسب المدرجات النهرية .

وهى تعد أقدم رواسب الزمن الرابع ، وهى عبارة عن تتابعات من الصخور الفتاتية التي تتألف مــن الحصى الناعم والمتدرج في الحجم من أقل من ٠,٥ – ١ سم ،(الهيئة القومية للاستشعار عن بعــد وعلوم الفضاء،١٩٩٩،ص ص ١٠-١٢) .

- رواسب المراوح الفيضية :

وتتألف هذه الرواسب من الجلاميد الصخري الذي يتراوح حجمه من ٢-١٠ سم ، وتتداخــل معــه أحيانا تكوينات من الحصى الأكبر ويصل سمكه في بعض الأحيان إلى أكثر من ٣٠ سم ، وتتلاحــم هذه الرواسب بالفتات الصخري المكون من الرمال وفتات الصخور النارية والرسوبية .

- رواسب الكثبان الرملية الساحلية :

وتنتشر هذه الرواسب في الجزء الشمالي الشرقي لمروحة وادي وتير ، وهى عبــارة عــن كثبــان رملية تتألف من الرمال الناعمة والناعمة جدا ، كما تنمو بعض الأعشاب والشجيرات على ســفوح هذه الكثبان نتيجة لقربها من مستوى الماء الجوفي ، إلا أن أغلب هذه الكثبان قد تــم تســويته فــي الوقت الراهن واستغلال الأرض في المجال السياحي .

- وهناك بعض التكوينات الأخرى مثل السبخات الموجودة في النطــاق الســاحلي ، والشــواطئ الحصوية Beach Gravel .

ثالثا : الجوانب البنيوية

تتسم المنطقة من الناحية التركيبية بانتشار الصدوع التي بلغ عددها ٥٨٥ صدعاً تأخذ اتجاهات مختلفة ، شكل (١-١٣) ، وبلغ جملة أطوال الصدوع نحو ٩٠٠ كم بمتوسط طول ١,٥ كم ، وقد بلغت كثافة الصدوع بالمنطقة ٢٦كم/كم٢ ، كما تنتشر الظاهرات المرتبطة بالصدوع مثل الحافات الصدعية Faults Scarps والأودية الصدعية Fault Valleys ، إذ تتحكم الصدوع فى اتجاهات الأودية بالمنطقة ، إذ أن أغلب أودية المنطقة تأخذ الاتجاه الشمالي الغربي وهو نفس الاتجاه السائد للصدوع كما سيتبين فيما بعد ، ولعل اتجاه وادي وتير نفسه من الشمال صوب الجنوب ما هو إلا صدى لعمليات التصدع التي أصابت المنطقة خلال الميوسين وجعلت منه واديا عكسيا Obsequent Valley ، حيث يسير عكس الميل العام للطبقات من الجنوب إلى الشمال ، كما أن الوادي ذو حافات إنكسارية بدءاً من مخرج الوادي ولمسافة تبلغ ٤٠ كم حيث يصبح الوادي خانقياً ولا يتعدى عرضه فى الأحيان ١٣ متر يشغلها الطريق الدولي نويبع - النفق ، وفي هذا الجزء يصبح الوادي عبارة عن المجرى ، وهذا الجزء يعتبر أكثر أجزاء الوادي خطورة كما سيرد فيما بعد .

كما يظهر أثر الصدوع على شبكة التصريف النهري حيث يظهر النمط الشائك Barbed Pattern في بعض الأودية ، إذ تلتقي الروافد بالمجرى الرئيسي فى اتجاه المنبع وهذه الروافد قد تأثرت بعمليات التصدع بالمنطقة .

وقد أشار (Said, 1962,pp.32-35) إلى أن الأراضي المصرية قد تأثرت بالصدوع التي تأخذ الاتجاهات التالية : -

١-*الاتجاه شمالي غربي / جنوبي شرقي.*

٢-*الاتجاه شمالي شرقي / جنوبي غربي*

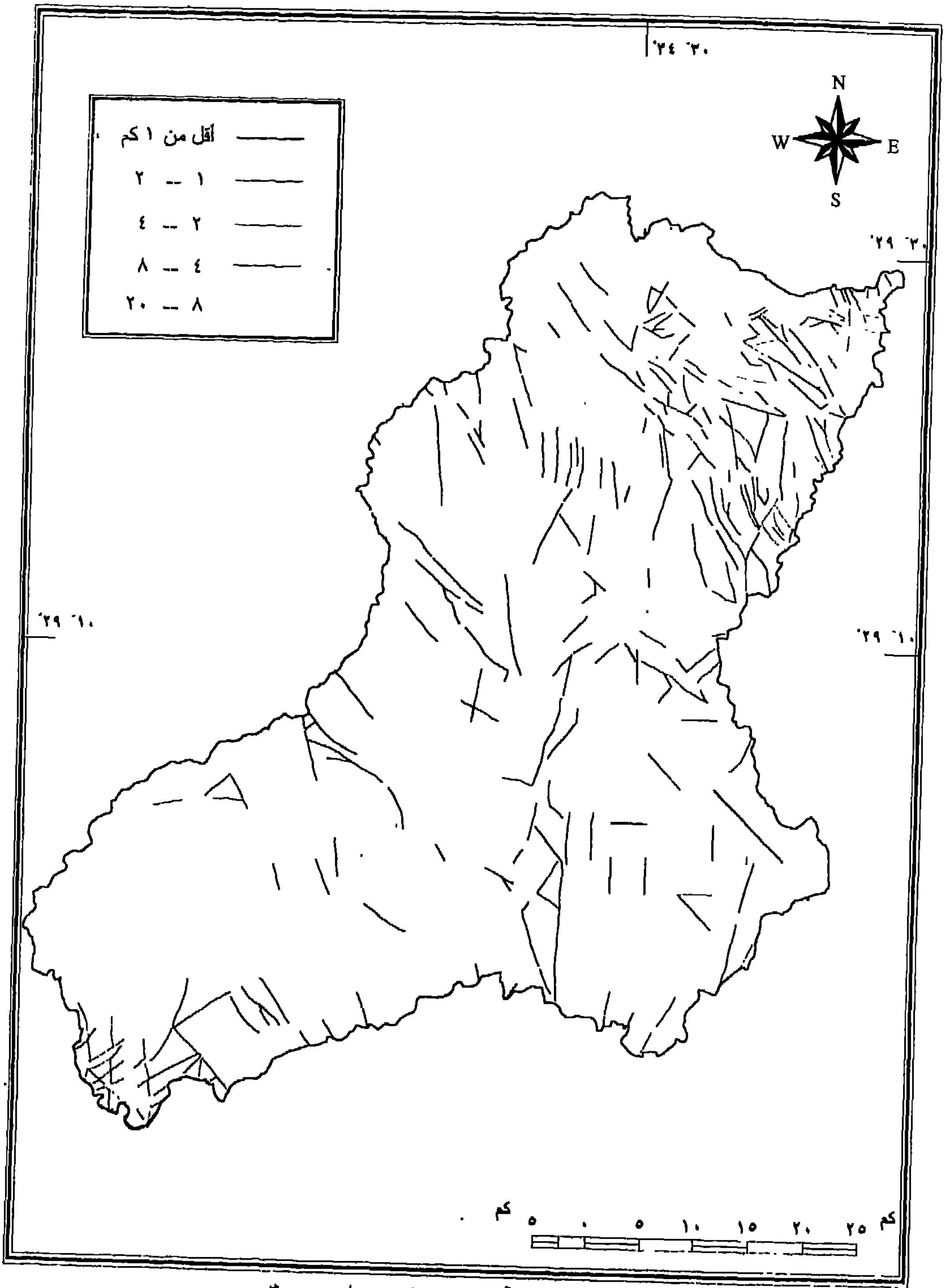
٣-*الاتجاه شرقي غربي*

٤-*الاتجاه شمالي جنوبي*

أما الطيات فهى نادرة الحدوث بالمنطقة وإن وجدت فإنها ترتبط بعمليات التصدع ، وفيما يلي دراسة مفصلة للجوانب البنيوية .

أ - الصدوع :

ترتبط الصدوع بمنطقة الدراسة بنظام صدوع أخدود البحر الأحمر والذي يمتد لمسافة اكثر من ١١٠٠ كم (USGS , & UNESCO , 1994 , P.5) ، وتقدر إزاحته الجانبية سنويا بحوالي ٠,٥سم .



شكل (١-١٣) **الصدوع في حوض وادي وتير**

وصدوع المنطقة من النوع العادي والمضربي Strike Slip Fault (ذات الإزاحة الجانبية)، وتكوّن بعض الصدوع أخاديد صدعيه تشغلها الأودية ، وقد وصلت الإزاحة الجانبية فى بعض الصدوع لأكثر من ٧,٥متر ، (USGS , & UNESCO , 1994 , P.7) .

<u>تقسيم الصدوع حسب أعدادها وحسب اتجاهاتها :-</u>

من خلال جدول (١-٢) يمكن تقسيم صدوع المنطقة بحسب اتجاهاتها إلى :-

<u>أ- صدوع الاتجاه شمالي غربي / جنوبي شرقي ، (٣٠ ْ - ٦٠ ْغرباً) :</u>

ويعتبر هذا الاتجاه هو الاتجاه الرئيسي للصدوع ويأخذ نفس اتجاه خليج السويس ، شكل (١-١٤) وقد بلغ عدد الصدوع التى تأخذ هذا الاتجاه نحو ١٥٧ صدعاً بنسبة ٢٦٪ من إجمالي عدد الصدوع بالمنطقة ، كما بلغت جملة أطوال صدوع هذا الاتجاه نحو ٢٩٠ كم بنسبة ٣١ ٪من إجمالي أطوال صدوع المنطقة ، وتظهر هذه الصدوع بصورة خاصة فى الأجزاء الشمالية لوادي الحيثي وتظهر على جانبي وادي ابيض بطنه وفى الروافد الشمالية لوادي البطم ، كما تظهر هذه الصدوع فى أقصي جنوب غرب المنطقة وبصفة خاصة فى الروافد الجنوبية لوادي الزلقة .

<u>ب - صدوع الاتجاه شمالي شرقي / جنوب غربي (٣٠ ْ - ٦٠ ْ شرقاً) :</u>

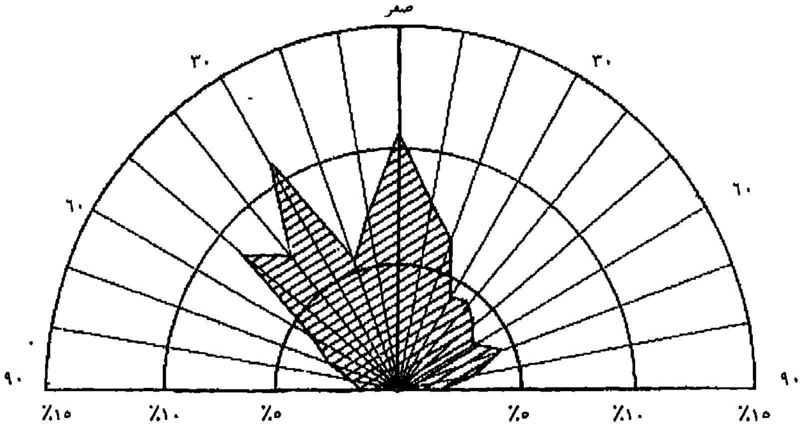
وهو نفس اتجاه خليج العقبة ، وتعتبر صدوع هذا الاتجاه والاتجاه السابق صدى لحركات التصدع التى أصابت المنطقة خلال الميوسين وكذلك النشاط التكتوني الذى حدث خلال الزمن الرابع (Garfunkel , 1974, P. 55) ، وقد بلغ عدد الصدوع التى تأخذ هذا الاتجاه نحو ٦٧ صدعا بنسبة ١٢٪ من إجمالي أعداد الصدوع كما بلغت جملة أطوال صدوع هذا الاتجاه نحو ٩٢,٩كم بنسبة ١٠٪ من إجمالي أطوال صدوع المنطقة .

وتظهر هذه الصدوع فى حوض وادي الحيثي (بالقرب من خليج العقبة) كما تظهر فى بعض أودية الجانب الشرقي ، أما على الجانب الغربي فتكاد صدوع هذا الاتجاه تتركز فى أقصى الجنوب الغربي وبصفة خاصة فى روافد وادي الزلقة الجنوبية الغربية .

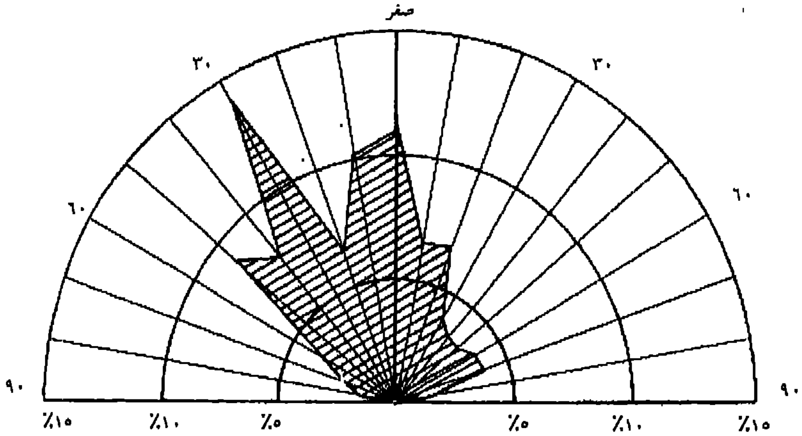
<u>ج - صدوع الاتجاه الشمالي / الجنوبي (صفر - ١٠ ْ شرقاً وغرباً) :</u>

يبلغ عدد صدوع هذا الاتجاه ١٠٧ صدعا بنسبة ١٨,٣ ٪ من إجمالي أعداد صدوع المنطقة ، وقد بلغ إجمالي أطوال صدوع هذا الاتجاه ١٦٨ كم بنسبة تصل إلى ١٧,٧ ٪ من إجمالي أطوال الصدوع ، جدول (١-٢) .

اتجاهات الصدوع في منطقة الدراسة



اتجاهات الصدوع حسب أعدادها



اتجاهات الصدوع حسب أطوالها

شكل (١-١٤)

وتنتشر صدوع هذا الاتجاه فى معظم أجزاء الحوض وإن كانت تتركز بصورة رئيسية فى حوض وادي الحيثي وقديرة وغزاله والزلقة ، وتؤثر صدوع هذا الاتجاه على روافد الأودية ، إذ تسير معظم روافد الأودية سالفة الذكر فى نفس الاتجاه . ولكن مع اختلاف أن بعضها يتجه من الجنوب إلى الشمال

جدول (١-٢) **أعداد وأطوال الصدوع بحسب اتجاهاتها ***

الاتجاه	العدد	العدد ٪	الطول (متر)	الطول ٪	المتوسط	أعلى طول(متر)	أقل طول(متر)	الانحراف المعياري	معامل الاختلاف ٪
أقل من ١٠	٤٥	٧,٧٠	٦٣٨٨٩,٣	٦,٧	١٤١٩	٥٥٥٣	٢٨,٥	١٤٤٢	١٠١,٦
١١-٢٠	٣٧	٦,٤	٦٤٠٥١	٦,٨	١٧٣١	٦١٢٣	٣٨,٤	١٧٠٩	٩٨,٧
٢١-٣٠	٢٥	٤,٣	٣٨٧٥٩	٤,١	١٥٥٠	٨٥٨١	١٣,٢	٢١٩١	١٤١,٣
٣١-٤٠	٢٥	٤,٤٠	٣١٠١٥	٣,٣٠	١٢٤٠	٣٨٧٠	١٣,٤	١١٨٤	٩٥,٤
٤١-٥٠	٢٣	٣,٩	٢٧٢٩٣	٢,٩	١١٨٦	٤٣٩٣	١٥,٩	١٢٢٢	١٠٣
٥١-٦٠	٢٢	٣,٧	٣٤٦٨١	٣,٧	١٥٧٦	٦٣٠٤	٦٦,٣	١٤٨٠	٩٣,٩
٦١-٧٠	٢٧	٤,٦	٣٧٨٦١	٤	١٤٠٢	٨٣٥٧	١٤,٤	١٧٨٧	١٢٧
٧١-٨٠	١٩	٣,٢	١٣٢٢٢	١,٤	٦٩٥	٥٢٤٥	١٥,٧	٦٦٣	٩٥
٨١-٩٠	١٠	١,٧	٧٩١٤	٠,٨	٧٩١	٢٧٩٤	٢٦,٨	٨٠٥	١٠١
٢٧١-٢٨٠	١٣	٢,٢٠	١٢٣٠٢	١,٤	٦٤٦	٢٨٥٠	٧٨,٨	٩٣٤	١٤٤
٢٨١-٢٩٠	١٩	٣,٢	٢١٥٣١	٢,٣	١١٣٣	٤٣٣٤	٤٤,٢	١٢٧٦	١١٢
٢٩١-٣٠٠	٢٤	٤,١	٣٥٧٦٤	٣,٨	١٤٩٠	٤٨٥٢	٢١,٨	١٢٨٢	٨٦
٣٠١-٣١٠	٥١	٨,٧	٨٥٦٠٦	٩,١	١٦٧٨	٦١٣٨	١١,٩	١٧٢٩	١٠٣
٣١١-٣٢٠	٤٢	٧,٢	٧٢٢٩٥	٧,٧٠	١٧٢١	٦٢١٥	١٨,٨	١٧١٤	٩٩
٣٢١-٣٣٠	٦٤	١١	١٣٤٤٨٣	١٤,٢	٢١٠١	١٧٣٥٥	١٦	٢٨٩١	١٣٧
٣٣١-٣٤٠	٣٣	٥,٦	٦٢٢٤٦	٦,٦٠	١٨٨٦	٨٠٥٠	١٥,١	١٦٣٢	٨٦
٣٤١-٣٥٠	٤٤	٧,٥	٩٦٧١٧	١٠,٢	٢١٩٨	٦٢٧٥	١٥,١	١٧٤٥	٧٩
٣٥١-٣٦٠	٦٢	١٠,٦	١٠٤٠٤١	١١	١٦٧٨	٥٩٥٩	١٢	١٤١٣	٨٤
الإجمالي أو المتوسط	٥٨٥	١٠٠	٩٤٣٦٧٠	١٠٠	١٤٥١	٦٢٩١	٢٥,٩	١٥٠٥	١٠٥

* الجدول من حساب الطالب اعتمادا على برنامج SPSS v.9

(الروافد الجنوبية لوادي الحيثي والروافد الجنوبية لوادي الزلقة) والبعض الاخر يتجه من الشمال إلى الجنوب (الروافد الشمالية لوادي الحيثي والروافد الشمالية لوادي قديرة) .

وتعد صدوع هذا الاتجاه أيضا كسابقتها صدى للحركات التكتونية التى أصابت خليـــج العقبـــة ،وقد أشار (Eyal, et-al.,1981,p.55) ، إلى أن معظم صدوع هذا الاتجـــاه ذات إزاحـــة أفقيـــة وتتراوح الإزاحة الأفقية بين بضعة مئات من الأمتار إلى أكثر من ٩ كم ، كما تتسم هذه الصــــدوع بإزاحة رأسية بين بضعة أمتار قليلة إلى عشرات الأمتار .

د- صدوع الاتجاه الشرقي / الغربي (٨٠ - ٩٠ شرقا وغربا) :

وهذا الاتجاه أقل شيوعا من الاتجاهات الثلاثة السابقة إذا لا يتعدى عدد الصدوع التى تـــأخذ هذا الاتجاه نحو ٢٣ صدعا بنسبة ٣,٩ ٪ من إجمالي أعداد الصدوع ، وبلغ إجمالي أطوال صـــدوع هذا الاتجاه نحو ٢٠كم او ما يعادل ٢.٢ ٪ من إجمالي أطوال صدوع حوض وادي وتير ، وتكـــاد صدوع هذا الاتجاه تتركز فى وادي الحيثي ووادي البيارية (أحد الروافد الرئيسية لوادي الزلقـــة)، صورة (١-٩) .

تقسيم الصدوع حسب أطوالها

تتفاوت أطوال الصدوع داخل الحوض ما بين اكثر من ٨ كم إلى اقل من ٢٠ مـــترا ، كمـــا يوضحها الجدول التالي :-

جدول (١-٣) **توزيع الصدوع بحسب أطوالها ***

الفئة (كم)	عدد الصدوع	إجمالي الطول (كم)	عدد الصدوع ٪	إجمالي الطول ٪	متوسط الطول (متر)	أقصى طول (متر)	أقل طول (متر)
افل من ٠,٥	١٧١	٣٣,٧٨	٢٩,٣	٣,٦	١٩٧	٤٩٨	١١,٥
٠,٥ - ٢	٢٥٢	٢٩٠,٩	٤٣,١	٣١	١١٥٤	١٩٩٩	٥٠٦
٢ - ٥	١٣٥	٤٣٥,٤	٢٣	٤٦,١	٣٢٢٥	٤٩٧٤	٢٠٠٧
٥ فأكثر	٢٧	١٨٣,٤	٤,٦	١٩,٣	٦٧٩٦	١٧٣٥٥	٥١١١
الإجمالي أو المتوسط	٥٨٥	٩٤٣,٦٧	١٠٠	١٠٠	٦٢٧٥	٦٢٠٦	١٩٠٨

* تم حساب هذا الجدول باستخدام أحد برامج نظم المعلومات الجغرافية ArcView3.1 بعد إدخال البيانات وإعدادها باستخدام برنامج AutoCAD & ArcInfo

ومن خلال الجدول السابق يمكن تقسيم صدوع المنطقة بحسب أطوالها إلى ما يلي :-

أ - صدوع أطوالها اقل من ٠,٥كم :

وقد بلغ صدوع عدد هذه الفئة ١٧١ صدعا بنسبة ٢٩ ٪ من إجمالي أعداد الصدوع ، بينمـــا بلغت جملة أطوال الفئة نحو ٣٤ كم بنسبة ٣,٦ ٪ من إجمالي أطوال الصدوع والحوض ، ويعتبر

صورة (١-٩)

. أحد الصدوع التي سجلها الطالب في صخور الحجر الجيري "ناظراً صوب الجنوب"

هذا التباين النسبي أمرا طبيعيا حيث تزيد أعداد صدوع هذه الفئة مقارنة بأطوالها التي لا تتعدى ٠,٥كم لكل صدع ، وقد بلغ متوسط أطوال صدوع هذه الفئة نحو ١٩٧ متراً فقط .

وتتركز صدوع هذه الفئة فى منطقة واحدة فى الروافد الشمالية العليا لحوض وادي الحيثي ، وتؤثر هذه الصدوع الصغيرة فى اتجاهات بعض الروافد الصغيرة .

ب – صدوع أطوالها من ٠,٥ كم إلى اقل من ٢كم

وبلغ عدد صدوع هذه الفئة ٢٥٢ صدعاً بنسبة ٤٣ ٪ من إجمالي أعداد الصدوع ، فى حين بلغت جملة أطوال صدوع هذه الفئة نحو ٢٦١ كم بنسبة ٣١ ٪ من إجمالي أطوال صدوع المنطقة ، وتشير الأرقام السابقة إلى ان صدوع هذه الفئة هى السائدة بالمنطقة وخاصة من حيث أعداد الصدوع ، وتنتشر صدوع هذه الفئة فى أنحاء الحوض وبصفة خاصة فى الجزء الشمالي الشرقي وفى أقصى الجنوب الغربي للحوض ، وتشغل هذه الصدوع أودية صدعيه ذات جوانب شديدة الانحدار ، (أنظر الخريطة الجيومورفولوجية) .

ج – صدوع أطوالها من ٢–٥ كم

ويبلغ عدد صدوع هذا الاتجاه ١٣٥ صدعاً بنسبة ٢٣ ٪ من إجمالي أعداد الصدوع ، وبلغ جملة أطوالها نحو ٤٣٥ كم بنسبة ٤٦ ٪ من إجمالي أطوال الصدوع ، وتكاد توجد هذه الصدوع فى كل أجزاء الحوض وان كانت ذات كثافة أكثر فى الجزء الشرقي للحوض وتقل بالاتجاه غرباً ، وكسابقتها فإن هذه الصدوع صدى للنشاط التكتوني الذى أصاب المنطقة ونتج عنه أخدود خليج العقبة والبحر الميت .

د – صدوع أطوالها اكثر من ٥ كم

معظم صدوع هذه الفئة صدوع أخدودية كبيرة بعضها يصل طوله لأكثر من ١٧ كم [1] ، وقد بلغ عدد صدوع هذه الفئة ٢٧ صدعاً وهى بذلك تعتبر أقل الفئات عدداً ، وقد بلغت نسبة أعداد الصدوع ٤,٦ ٪ ، بينما بلغ إجمالي أطوال الصدوع نحو ١٨٣كم بنسبة ١٩,٣ ٪ ، ومن هذه الأرقام يتضح لنا أن هذه الصدوع ليست شائعة فى المنطقة مثل الفئة الثانية والثالثة ، وتكاد هذه الصدوع

---

[1] ويبلغ طول أطول صدوع المنطقة نحو ١٧,٥كم وهو الصدع الذى يوجد بين واديي الزلقة والعوانة ويأخذ اتجاها عاماً شماليا غربيا / جنوبيا شرقيا ، وله امتداد خارج حدود الحوض

تتركز فى الجانب الشرقي وفى مجرى وادي وتير نفسه وبصفة خاصة فى أجزائه الشمالية ، كما توجد هذه الصدوع فى الجزء الغربي الأوسط من الحوض حيث يوجد نحو ثلاثة صدوع كبيرة يتعدى طول كل منها ١٠كم ، وتشكل هذه الصدوع الروافد الرئيسية لحوض وادي الزلقة .

ويتضح أثر الصدوع فى تشكيل سطح المنطقة فى النقاط التالية :-

١- أدت عملية التصدع إلى حدوث رفع للمنطقة خلال الزمن الثالث ، وقد كانت المنطقة قد شهدت فترة استقرار منذ انتهاء عصر ما قبل الكمبري (Avraham, et - al , 1979, P. 241) .

٢- أدت عملية الرفع السابقة إلى حدوث بعض الأخاديد بالمنطقة مثل أخدود الشيخ عطية ويمتد هذا الأخدود لمسافة ٥٠ كم ويبلغ مقدار الرمية نحو ٥٥٠ متر جهة الجنوب .

٣- انطبع عدد كبير من الأودية فوق الخطوط الصدعية التى نتجت خلال الزمن الثالث والرابع ويعد وادي وتير نفسه واديا منطبعاً Superimposed Valley فوق مجموعة من الصدوع والتى تأخذ اتجاهات شمالية جنوبية وشمالية غربية / جنوبية شرقية

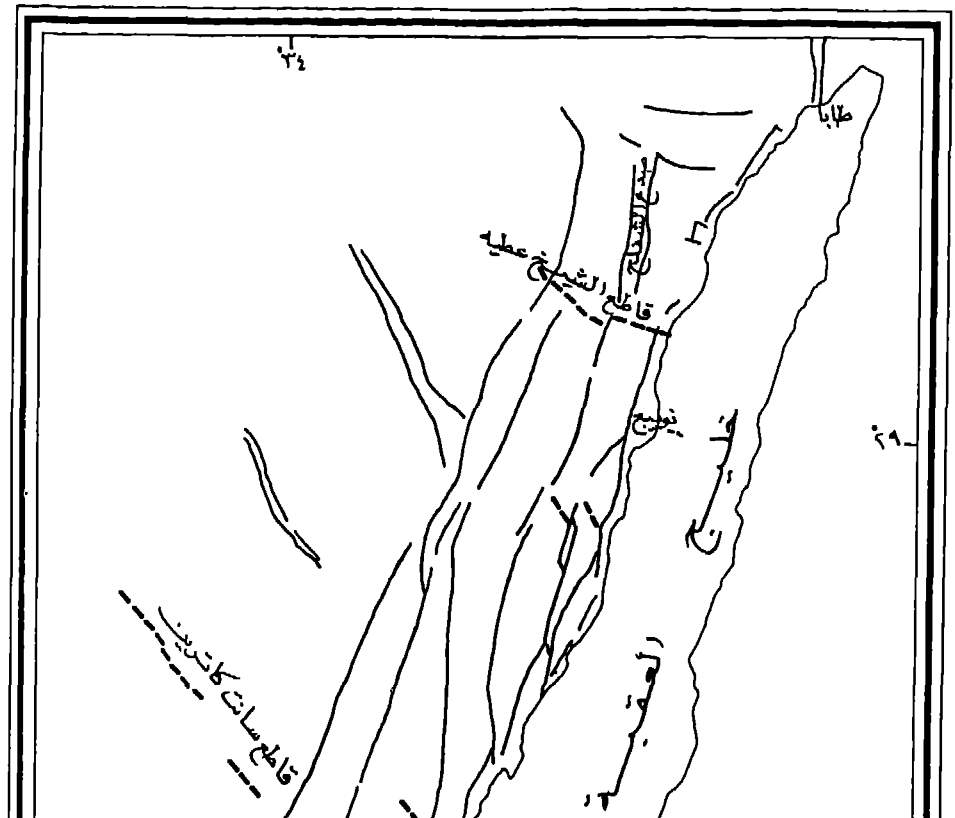
٤- يتضح أثر الصدوع فى الحافات الصدعية التى تحيط بجوانب الأودية وتصل هذه الحافات لأكثر من ٦٠٠ متر فى بعض الأحيان ، وتتعدى درجة انحدارها ٦٠° كما يتضح ذلك في جوانب وادي وتير فى الجزء الأدنى .

٥- تشير الدراسات الحديثة إلى ان الإزاحة مازالت مستمرة فى كثير من صدوع المنطقة وهذا يشير إلى المنطقة لم تشهد الاستقرار النهائي بعد وأنها ما زالت نشطه جداً تكتونيا وخاصة فى الجزء الشرقي المجاور لخليج العبقة ، (Avraham, et - al , 1979, P. 241) .

٦- ارتبط بعمليات التصدع تكون عدد كبير من القواطع البازلتية وتأخذ نفس اتجاه الصدوع السائد تقريبا وهو الاتجاه شمالي غرب / جنوبي شرقي ، وكما ذكرنا من قبل فإن قاطع الشيخ عطية يعد من أهم القواطع بالمنطقة ، شكل (١-١٥) .

٧- نتيجة لعمليات التصدع التى أصابت المنطقة تكونت مجموعة من ظهور الخنازير الشديدة الانحدار وتكونت عكس الميل العام للطبقات نحو الشمال ، وقد أثرت فى نشأة هذه الأشكال عوامل عديدة مثل التعرية الهوائية والنهرية ، تعد هذه الظاهرة من الظاهرات الجيومورفولوجية التركيبية بالمنطقة ، وتنتشر بالمنطقة شمال قرية الشيخ عطية بنحو ٣كم وتنتظم هذه الأشكال على الجانب الشرقي لوادي وتير فى صورة سلمية ، الخريطة الجيومورفولوجية ، صوره (١ ١٠) .

ويفصل كل واحدة عن الأخرى بعض المسيلات الصغيرة ويتفاوت ارتفاع ظهور الخنازير من بضعة أمتار قليلة إلى عشرات الأمتار فوق السطح المجاور ، ويظهر ميل الطبقات فى اتجاه الجنوب اثر الصدوع فى نشأة هذه الظاهرة ، وقد بلغت درجات الانحدار على الوجه أكثر من ٣٥°



شكل (١-١٠) الصدوع الرئيسية وقواطع الميوسين المبكر في خليج العقبة

المصدر: (Eyal,et-al 1981,p.41)

صورة (١-١٠)

انتشار ظهور الخنازير المرتبطة بعمليات التصدع شمال مخرج الوادي بنحو ٥٠ كم

"ناظراً صوب الجنوب الشرقي"

بينما كان الانحدار على الظهر يتراوح بين ١٠-١٥ درجة ، ومن الواضح أن هــذه الظــاهرة قــد تعرضت لعوامل التعرية بعد أن تكونت بفعل عمليات التصدع ، ويظهر ذلك فى حافات الكويســتات حيث نلاحظ ان معدلات النحت تتم بصورة أسرع فى الطبقات اللينة وبمعدلات اقل فــى الطبقــات الصلبة .

ب - الفواصل : Joints

يشير هولمز (Holmes , 1992, P. 103) إلى أن كل الصخور بلا اســتثناء تنتشــر بــها الفواصل وأضاف بان هذه الفواصل قد تأخذ شكلاً أفقيا أو مائلاً ، وقــد تمتــد الفواصــل بضعــة مليمترات وقد يتجاوز طولها مئات الأمتار ، وتنشأ الفواصل نتيجة لحركات الشد والضغط وعادة مــا تتعامد على أسطح الطبقات فى الصخور الرسوبية ، وتختلف الفواصل عن الصــدوع فــى أنــها لا ترتبط بأي إزاحة راسية كانت أم أفقية ، وتنتشر بالمنطقة أعداد كثيرة من الفواصل في كل صخــور المنطقة بلا استثناء وخاصة فى الصخور الرسوبية ، وقد تم رصد عدد كبير منها بالمنطقة .

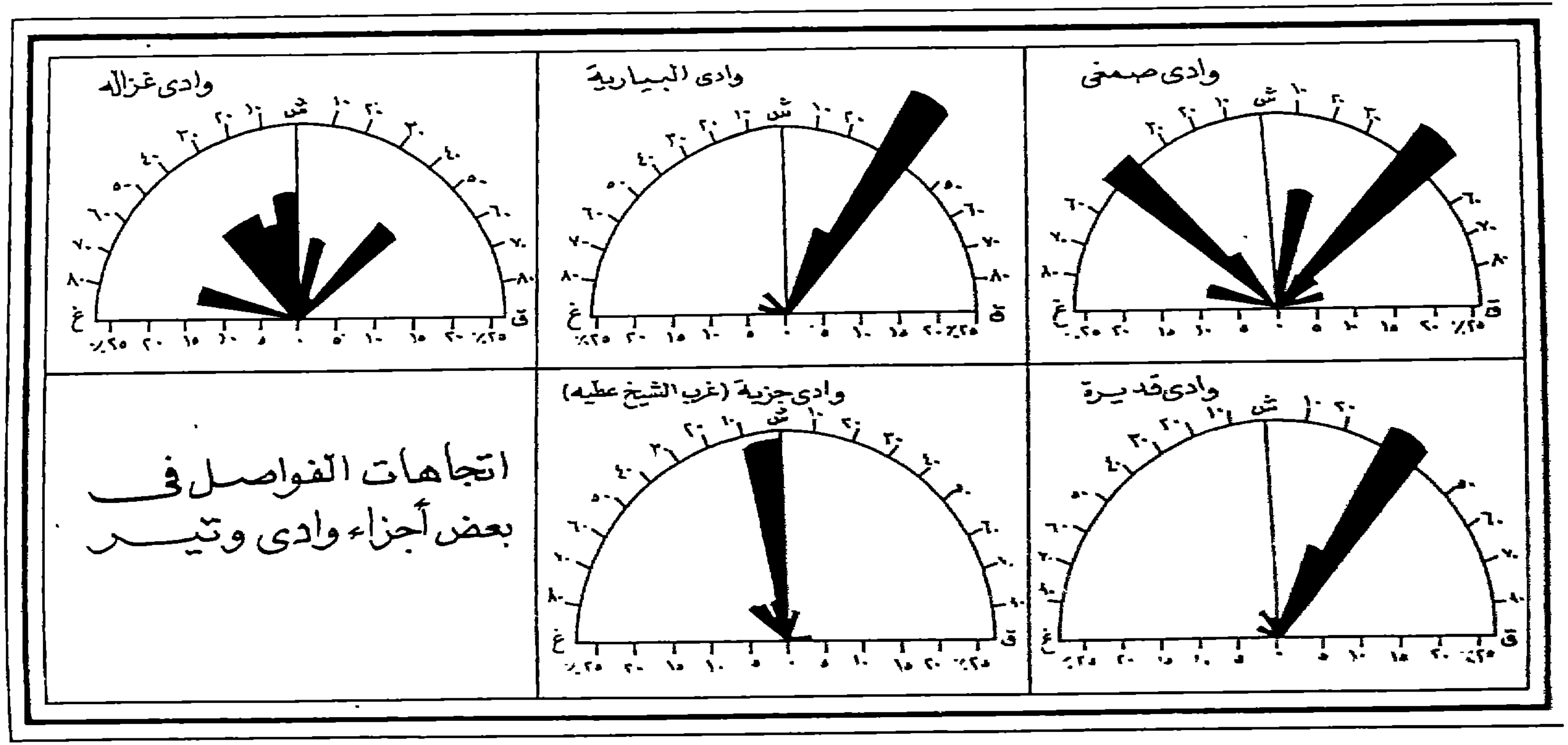
وقد سجل الطالب إبعاد بعض الفواصل وأطوالها ويمثلها الجدول التالي :-

جدول (١-٤) **بعض أبعاد الفواصل بمنطقة الدراسة**

الفاصل	الطول (متر)	الاتجاه (درجة)
١	٣,٥	١٧٠
٢	٣	١٧٣
٣	٤	٢٤٠
٤	٤	١٨٣
٥	٢,٥٥	٣٥٤
٦	٥,٨	١٣٩
٧	٢,٩	١٣٥
٨	٦,٣	٢٤٨
٩	٤	٢٨٥

ويشير الجدول السابق إلى ان معظم هذه الفواصل يأخذ الاتجاه الشمالي الغربي الجنوبي الشرقي .

وقد أشارت دراسة (Shabana , 1998, pp. 130-145) إلــى أن الاتجاهــات العامــة للفواصل بالمنطقة هى ، شكل (١-١٦) :-



اتجاهات الفواصل فى
بعض أجزاء وادى وتير

١- الاتجاه الشمالي الغربي / الجنوبي شرقي

٢- الاتجاه الشمالي الشرقي / الجنوبي الغربي

٣- الاتجاه الشمالي / الجنوبي

وقد أثبتت الدراسة السابقة أن هذه الفواصل لها علاقة وثيقة بأماكن وجود المياه الجوفية بالمنطقة .

ج - الطيات Folds

الطيات نادرة الوجود بالمنطقة ولم تشر الأبحاث الجيولوجية التى تمت على المنطقة الى وجود طيات بالمنطقة ولكن أظهرت الخرائط الجيولوجية (الخريطة الجيولوجية لسيناء ، ١٩٩٤، لوحة ٢،١ ،) وجود طيتين محدبتين على الجانب الشرقي ذات محور شمالي غربي جنوبي شرقي ونوجد هذه الطيات بين مجموعة من الصدوع مما يشير إلى ارتباط نشأتها بالصدوع ، كما رصد الطالب طيتين أحدهما مقعرة والأخرى محدبة شمال قرية الشيخ عطية بنحو ٥ كم وهما من الطيات الصغيرة حيث لا يتعدى امتدادهما بضعة عشرات من الأمتار ، وباستثناء ذلك فلا تمثل الطيات وجود حقيقي فى الحوض .

ومن خلال العرض السابق يتضح أن المنطقة قد تأثرت بالعوامل التكتونية وخاصة الصدوع التى أثرت فى تشكيل مظاهر السطح وتأثرت بها اتجاهات وجوانب الأودية ، كما نشأت بعض الظاهرات الناتجة عن عمليات التصدع مثل الحافات الصدعية وظهور الخنازير ، ومازالت هذه المنطقة نشطة تكتونيا مثلها مثل كل نطاق خليج العقبة والبحر الأحمر .

رابعا : التطور الجيولوجي للمنطقة

تمثل منطقة الدراسة جزءاً من النظام الأخدودي لخليج العقبة ولذلك فانه لا يجب دراسة التطور الجيولوجي للمنطقة بمعزل عن تطور شرق سيناء بصفة عامة ، وقد أشار بن إفراهام (Ben Avraham, Et -Al, 1979, P. 241) إلى أن أخدود خليج العقبة قد تكون خلال الزمن الثالث Cenozoic نتيجة لحركة صدعيه فصلت الكتلة العربية عن الكتلة الأفريقية ، وكانت هذه المنطقة تتسم بالاستقرار منذ عصر ما قبل الكمبري ، ويختلف خليج السويس عن خليج العقبة من حيث طبيعية النشأة والعمر حيث تكون خليج العقبة خلال الأوليجوسين نتيجة لحركات الشد التى اصابت المنطقة ، بينما نشا خليج السويس فى أواخر الميوسين نتيجة لحركات انزلاق على طول

القشرة الأرضية ، وما زالت الحركات التكتونية مستمرة حتى الآن ، (Girdler, 1983, P. 516) ومن الممكن تلخيص الأحداث الجيولوجية التى مرت بها المنطقة كما يلي:-

أ - التطور الجيولوجي خلال عصر ما قبل الكمبري :

كانت منطقة الدراسة جزءاً من إقليم متصل يتألف بصورة أساسية من صخور الأساس الأركية القديمة جدا وبعض الصخور المتحولة ، وكانت الكتلة العربية النوبية والكتلة الأفريقية كتلة واحدة متصلة ، وقد تعرضت هذه الصخور لعمليات نحت وإرساب أدت إلى ترسيب غطاء رسوبي يصل سمكه ١ - ١,٣ كم ، (Ben Avraham , et-al,1979,P. 24) وقد تعرض هذا الغطاء الرسوبي لعمليات النحت فى أواخر الزمن الأول ، وقد غطت رواسب الكريتاسي الجزء المتبقي من هذه.الإرسابات .

وقد لخص كرونر وإيال ، (Kröner, & Eyal, 1979, P.548) ، تطور المنطقة خلال هذه الفترة فى أربع فترات هى :-

١- مرحلة تكون الصخور النارية (القلوية) Calc-Alkalic وترجع هذه الفترة إلى نحو ٨١٠ مليون سنة قبل الآن .

٢- مرحلة نحت وإرساب تعرضت لها الصخور النارية ونتج عنها تكوين غطاء رسوبي سميك من الصخور الحطامية Clastic Sediments ، كما شهدت هذه الفترة بعض عمليات التحول الإقليمي وقد استمرت هذه الفترة نحو ٣٠ مليون سنة .

٣- فترة نشاط باطني نتج عنها تكون بعض الصخور القلوية والجرانيت والديوريت واستمر ذلك نحو ٤٠ مليون سنة ، أعقبها فترة نحت فى هذه الصخور .

٤- وقد بدأت الفترة الرابعة منذ ما يقرب من ٦٤٠ مليون سنة قبل الآن وشهدت تكون صخور الجرانيت الأحدث وأعاده تبلر Recrystallization تكوينات الجرانيت القديمة .

هذا وقد شهدت المنطقة خلال الزمن الأول طغيان بحري أدى إلى تكوين رواسب عربة وناقوس وهى عبارة عن تكوينات فتاتية وحجر رملي تكونت فى بحر هامشي فوق صخور الأساس وفى بيئة بحرية متراجعة ببطءنحو الشمال ، (Shabana , 1998, P. 93)

وتظهر بعض التكوينات التى تنتمي إلى عصر الجوراسي (تكوينات رقبه) ويشير وجود هذه التكوينات ذات السمك القليل إلى أنها تكونت خلال فترة زمنية طويلة كان البحر خلالها يتراجع شمالا نتيجة لاستمرار عمليات الرفع الإقليمي Regional Uplift التى أصابت المنطقة إبان تلك الفترة .

ب – التطور الجيولوجي خلال عصر الكريتاسي :

شهدت منطقة الدراسة كباقي أجزاء مصبر غمرا بحريا كبيرا غطى أجزاء كبيرة من شبه جزيرة سيناء وتم ترسيب مجموعة من التكوينات الجيولوجية مثل الحجر الرملي والحجر الجيري والحجر الجيري الطباشيري ، ويمثل هذه التكوينات بالمنطقة تكوينات جلاله ووطا ومطلة ضوي وسدر ، ويختلف سمك كل تكوين من التكوينات السابقة نتيجة لاختلاف عمق المياه وموقع التكوينات ، فالتكوينات الشمالية (تكوينات وطا وسدر وضوي) ذات سمك كبير يصل فى بعض الأحيان لنحو ٢٠٠ مترا .

ولم يكن الغمر الكريتاسي دفعه واحدة ولكنه استمر على فترات فكان البحر ينراجع ثم لا يلبث أن يغمر اليابس مرة أخرى ، وكان اكبر غمر خلال الكريتاسي خلال الفترة الطورانية ، فيبدو أن اليابس قد تعرض لعملية انخفاض أو حدث ارتفاع فى مستوى سطح البحر مما جعل الماء يتقدم ويغطى مساحة كبيرة من حوض التصريف تبلغ نحو ٤٣ ٪ من إجمالي مساحة المنطقة وكما سبق وأشرنا إلى أن هذه التكوينات تتألف بصورة أساسية من الحجر الجيري والحجر الجيري الطباشيري مما يدل على استقرار الظروف البحرية أبان ترسيب هذه التكوينات.

ويجب الإشارة إلى منطقة الدراسة بأكملها قد كانت تحت تأثير الغمر البحري خلال الكريتاسي فيما عدا الصخور النارية فى جنوب المنطقة وكان لارتفاعها الشاهق دوره في عدم تمكن مياه الكريتاسي من الوصول إليها .

واستمر الغمر الكريتاسي فترة طويلة حيث ترسبت تكوينات مالحة وجلاله ووطا ومطلة وضوي وسدر من الأقدم إلى الأحدث على الترتيب ، واستمر الغمر البحري خلال الباليوسين والإيوسين الأسفل والأوسط وان لم يكن بنفس الدرجة التى كان عليها الغمر الكريتاسي ، وقد ترسبت إبان تلك الفترة رواسب طفل إسنا (الباليوسين) وتكوينات العجمه (الإيوسين الأسفل) والمقطم (الإيوسين الأوسط) ، ولا توجد هذه التكوينات إلا فى صورة اشرطة صغيره موازية لحدود الحوض الشمالية والشمالية الغربية ، مما يدل على أن معظم أجزاء الحوض كانت بعيدة عن الغمر البحري خلال الباليوسين والإيوسين .

ج – التطور الجيولوجي خلال الأوليجوسين والميوسين :

تعرضت شبه جزيرة سيناء بما فى ذلك منطقة الدراسة لعمليات رفع Uplifting وبدا تكون أخدود خليج العقبة وقد أشار (Eyal, et-al.,1981,P. 41) إلى أن تكوين الخليج يرجع إلى عمليات تصدع أصابت المنطقة ، وكانت هذه الصدوع صدوعا اتجاهيه Strike Slip وان حركات التصدع قد حدثت على فترتين : <u>الأولى</u> على امتداد ٦٠ كم ، <u>والثانية</u> على امتداد ٤٠-٤٥ كم ،

وأضاف بأن الحركة الأولى قد حدثت خلال الميوسين بينما حدثت الحركة الثانية خلال البليستوسين ، بينما يعتقد (Hildebrand, et-al, 1974, Pp.122-128) أن الحركة الأولى بدأت في بداية الميوسين أو ربما قبل ذلك وأن الحركة الثانية بدأت في أواخر الميوسين أو خلال البليوسين ، على أية حال فإن تكوين الأخدود لم يبدأ قبل الإيوسين وأن الحركات الصدعية التي أصابت المنطقة خلال الاوليجوسين والميوسين وبعد ذلك قد أدت إلى تصدع المنطقة ككل وانتشار الصدوع بمنطقة الدراسة خاصة الاتجاهات الثلاثة الرئيسية التي سبق الإشارة إليها .

وقد نشطت عمليات البركنة Volcanism خلال الميوسين ونتج عن ذلك بعض القواطع البازلتية والتي ينتشر البعض منها في المنطقة مثل القاطع الموجود بمنطقة الشيخ عطية ، شكل (١-١٥) .

ونتيجة لعمليات التصدع والخسف الأخدودي الذي أصاب المنطقة خلال هذه الفترة ، فقد ارتفعت المناطق المجاورة لإخدود خليج العقبة وقد وصل هذا الارتفاع في بعض الأحيان لأكثر من ٤٠٠٠ متر (Ben Avraham , et-al., 1979, P.241) ، وقد تعرضت هذه الأراضي المرتفعة لعمليات النحت بصورة كبيرة مما أدى لانكشاف صخور الأساس النارية .

ولا توجد بالمنطقة أية رواسب تنتمي إلى الميوسين حيث كانت المنطقة بعيدة عن الغمر الميوسيني إلى جانب أن الاتصال بين خليج العقبة والبحر الأحمر لم يحدث إلا في العصور التالية ، ولا توجد الصخور التي تنتمي إلى الميوسين سوى في الأجزاء الجنوبية نتيجة لقربها من البحر الأحمر ، وعلى الرغم من ذلك فقد أشار (Garfunkel, et-al., 1974,Pp.55-56) إلى أنه ربما توجد بعض البقاع التي تحتوى تكوينات ترجع إلى عصر الميوسين خاصة في خليج العقبة الأولي (Proto Gulf Of Aqaba) إلا أنه لم يحدد مواضع هذه التكوينات بصورة واضحة.

وبنهاية عصر الميوسين تراجع البحر شمالا وحدث انقطاع بين البحر المتوسط والمحيط الاطلنطي نتيجة لارتفاع قاع مضيق جبل طارق مما نتج عنه تحول البحر المتوسط إلى بحيرة عظيمة تعرضت مياهها للتبخر والجفاف فيما سمى بأزمة نهاية الميوسين (سعيد ، ١٩٩٢ ، ص ٣٥-٥٥) ونتيجة لزيادة بخار الماء من سطح البحيرة المتوسطية خلال هذه الفترة فقد شهدت الاراضي المصرية بما فيها شبه جزيرة سيناء فترة مطيرة ، وكانت شبه جزيرة سيناء وخاصة الأجزاء المحيطة بالأخدود قد تعرضت لعمليات رفع كما أسلفنا فأدى ذلك إلى تكون شبكات التصريف في الصحراء الشرقية وشبه جزيرة سيناء ، ويعتقد الطالب أن وادي وتير هو وليد هذه الفترة حيث استطاع أن يحفر واديا خانقيا نتيجة لكميات الأمطار الغزيرة التي سقطت على المناطق المرتفعة ، وساعده في ذلك الصدوع التي صاحبت عملية الخسف الأخدودي للخليج والتي جعلته

يمتد من الشمال إلى الجنوب عكس الميل العام للطبقات مشكلا واديا عكسيا Obsequent Valley ، ولكن هذا الرأي يحتاج لمزيد من الدراسات حتى يمكن التحقق من صحته .

د - التطور الجيولوجي خلال الزمن الرابع :

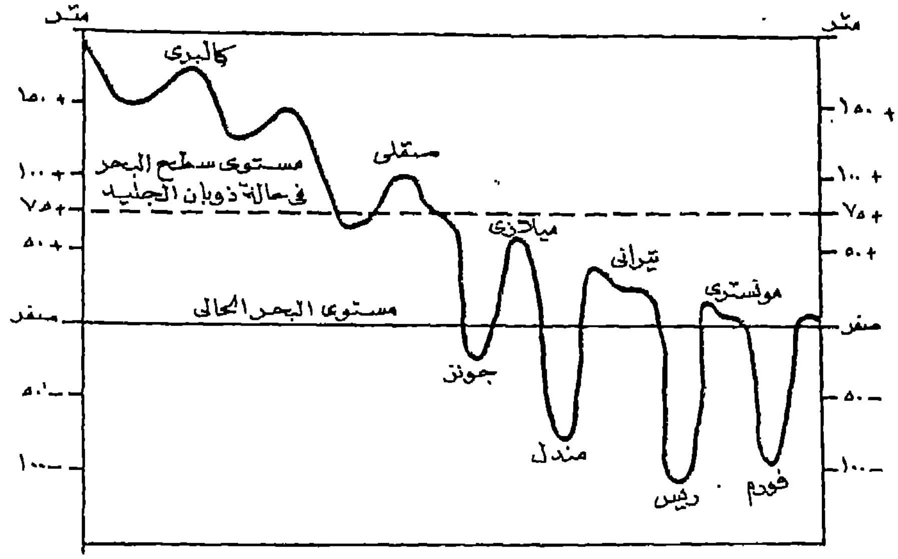
تم الاتصال الكامل بين خليج العقبة والبحر الأحمر بنهاية البليوسين وبداية البليستوسين (Said , 1969, P 75) ، وأشار (Eyal , et-al., 1981 , P. 42) إلى أن بداية الزمن الرابع شهدت فترة جافة أدت إلى ترسيب المواد الحطامية Clastic .

وقد تعاقبت على منطقة الدراسة فترات من النحت والإرساب كانت أساسا صدى لعاملين هما:-

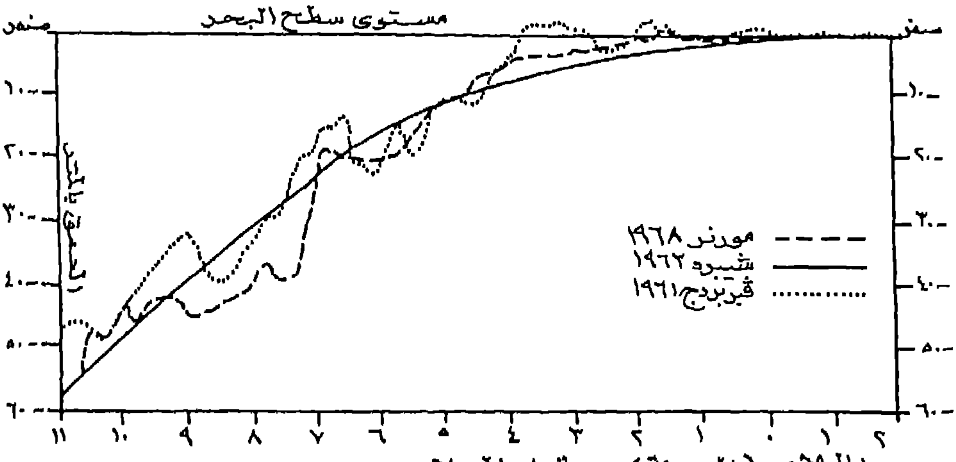
١-تذبذب مستوى سطح البحر ، شكل (١-١٧) .

٢-التغيرات المناخية (تتابع فترات المطر والجفاف) والتي أصابت الأراضي المصرية كلها .

ونتيجة لاتصال خليج العقبة بالبحر الأحمر فقد تأثر منسوب الخليج بالعصور الجليدية الأربعة الكبرى وهى من الأقدم إلى الأحدث جونز Gunz ، مندل Mindel ، ريس Riss ، وفورم WÜrm ، وقد وصل سمك الجليد خلال هذه الفترات لأكثر من ١٣٠٠ متر في بعض الأماكن (Goudie , 1992, P. 57) ، وقد أدى تقدم الجليد فى أوربا وأمريكا الشمالية إلى إنضغاط النطاقات المناخية باتجاه خط الاستواء ، وبالتالي فقد امتد مناخ جنوب أوربا المطير ليسود كل انحاء شمال أفريقيا (أبو العز ، ١٩٦٦ ، ص١٣٩) ، ونستطيع القول بأن أي عصر جليدي كان يصاحبه هبوط فى مستوى سطح البحر كما كان يصاحبه حدوث فترة مطيرة على المنطقة وبالتالي كانت الأودية تجنح إلى النحت خلال قمة الفترة المطيره ، أما أثناء الفترات بين الجليدية Interglacial فكان منسوب البحر يرتفع نتيجة لذوبان الجليد وبالتالي تتقدم مياه البحر صوب مخارج الأودية نتيجة لارتفاع مستوى القاعدة ، كما كانت النطاقات المناخية تعود لسابق عهدها بالتحرك شمالا فيسود الجفاف أو على الأقل تقل كمية الأمطار ونتيجة لذلك تجنح الأودية إلى الإرساب ، ونتيجة لتتابع فترات المطر والجفاف أو نتيجة لتعاقب الفترات الجليدية والفترات بين الجليدية تكونت مجموعة من الأرصفة البحرية والمدرجات النهرية ، وقد بلغ عدد الفترات الجليدية خمس فترات حيث تكونت مجموعة من الأرصفة البحرية خلال هذه الفترات على مناسيب مختلفة كما يلي :



(أ) مستوى سطح البحر خلال البليستوسين



(ب) مستوى سطح البحر خلال الهولوسين

(١-١٧) مستوى سطح البحر خلال الزمن الرابع

المصدر/ جودى ١٩٩٢

جدول (١-٥) الفترات بين الجليدية ومناسيب الأرصفة البحرية التي أرسبتها [١]

الفترة الجليدية	مناسيب الأرصفة البحرية (متر)	ملاحظات
الصقلي	٨٠-١٠٠	
الميلازي	٥٥-٦٠	بين فترتي جونز ومندل الجليديتين
التيراني	٣٠-٣٥	بين فترتي مندل وريس الجليديتين
الموستيري	١٥-٢٠ ، ٧	بين ريس وفورم
الفلاندبري	٣	بعد فترة فورم الجليدية

(١) عن جودي ١٩٩٢

والواقع أن الطالب لم يسجل وجود أية شواطئ مرتفعة على النطاق الساحلي من المنطقة وتحديد فوق دلتا وتير وربما يرجع ذلك إلى :-

١- أن هذه الشواطئ المرتفعة لم تتكون أساسا بالمنطقة نتيجة لارتفاع الأراضي المجاورة لخط الشاطئ لأكثر من ٣٠٠ متر وبالتالي لم تتأثر بذبذبات سطح البحر هبوطاً أو صعوداً .

٢- والتفسير الثاني انه ربما تكونت هذه الشواطئ فعلا ولكنها دفنت اسفل الرواسب الدلتاوية الأحدث خاصة إذا علمنا أن وادي وتير يجلب كميات كبيرة من الرواسب ذات أحجام متباينة فربما تكون الشواطئ المرتفعة قد إنطمرت أسفل هذه الرواسب بعد تكوينها .

على أن الطالب يميل إلى الأخذ بالرأي الأول وهو أن هذه الأرصفة لم تتكون أصلا بالمنطقة ويستدل على ذلك باختفاء هذه الشواطئ فى اغلب خليج العقبة بينما تظهر على خليج السويس نتيجة لاتساع النطاق الساحلي ، وربما يظهر اثر انخفاض منسوب سطح البحر فى بعض نقاط التجديد Knickpoints الموجودة بالمنطقة وبعض المدرجات النهرية التى تنتشر على جانبي بعض أودية منطقة الدراسة القريبة من خليج العقبة ، على أننا يجب أن نشير إلى أن الفترات المطيرة خلال البليستوسين قد عملت على أن يبني النهر دلتاه الكبيرة وأن تتكون مجموعة من المراوح الفيضية على جانبي الوادي وعند مخارج الأدوية ..

وبحلول عصر الهولوسين (الحديث) ساد الجفاف وبدأ سطح البحر في الاستقرار تدريجيا كما نشطت عمليات التشكيل الخارجية وخاصة التجوية ، كما نشطت عمليات الإرساب فى بعض الأماكن وتكونت بعض الكثبان الرملية فى الجزء الشمالي من دلتا وتير ، كما تغيرت الظروف المناخية عما كانت عليه وأصبحت الأمطار تسقط على الوادي فى صورة وابل من المطر وتسبب سيول هادرة ، ولكن ليست بصوره دائمة وليست بنفس الكمية وهذه هى سمه أمطار المناطق الجافة.

الخلاصة:-

١-تبلغ المساحة التى تشغلها الصخور النارية نحو ٩,٧٪ من إجمالي مساحة حوض التصريف وتتألف بصورة رئيسية من صخور الجرانيت والديوريت وتتركز هذه التكوينات بصورة رئيسية فى القسم الجنوبي من الحوض وبعض المواضع الصغيرة على الجانب الشرقي وأهم التكوينات النارية بالمنطقة جرانيت كاترين الذي يغطى نحو ٨,٤٪ من مساحة حوض التصريف وجرانيت رحبة ويغطى نحو ١,٣٪ فقط.

٢-توجد بالمنطقة مجموعة كبيرة من السدود الرأسية والأفقية وتتركز فى الصخور النارية وتأخذ اتجاهات مختلفة ويتراوح عمرها بين ١٨-٢٢ مليون سنة، وتمثل مناطق ضعف تتآكل بصورة اسرع من الصخور الموجودة بها.

٣-وتشغل الصخور الرسوبية نحو ٦٨٪ من إجمالي مساحة المنطقة وتتمثل بصورة رئيسية فى تكوينات الحجر الرملي وتكوينات الحجر الجيري وبعض الرواسب الطينية التى تتمثل فى تكوين إسنا الطفلي Esna Shale.

٤-تشغل الرواسب السطحية نحو ١٤٪ من مساحة المنطقة وتتمثل فى رواسب بطول الأودية والمراوح الفيضية وبعض الكثبان الرملية ورواسب دلتا وادى وتير.

٥-يظهر العمود الجيولوجي للمنطقة أن أقدم الصخور بالمنطقة ترجع إلى ما قبل الكمبري (الأركي) وترتكز صخور الجوراسي مباشرة فوق تكوينات الكمبري وتختفى تكوينات الأردوفيشي والسيلوري والديفوني والكربوني والبرمى والترياسي ، كذلك تختفى من العمود الجيولوجى تكوينات الميوسين والأوليجوسين والبليوسين.

٦-تشغل تكوينات الكريتاسي الأعلى السمك الأكبر فى العمود الجيولوجى للمنطقة ويتراوح سمكها بين ٣٥٠ – ٥٠٠ متر ، ويقل سمك الطبقات الجيولوجية فى الطبقات العليا من العمود الجيولوجى.

٧-تنتشر بالمنطقة أعداد كثيرة من الصدوع بلغ عددها بالمنطقة نحو ٥٨٥ صدع من الصدوع الكبيرة والمتوسطة ، وقد أثرت هذه الصدوع على شبكة التصريف بالمنطقة من حيث أعداد المجارى واتجاهاتها وتعد الاتجاهات شمال غربى/ جنوبى شرقى، شمالى شرقى/ جنوبى غربى من أكثر الاتجاهات المنتشرة.

٨-بالنسبة للتطور الجيولوجى بالمنطقة فإن المنطقة كانت جزءاً من الكتلة الغربية النوبية التى تعرضت للتكسر وتكون خليج العقبة .

- خلال الكريتاسي حدث غمر بحري غطى معظم أجزاء الحوض وترسبت خلاله تكوينات الحجر الجيرى والحجر الرملى، وقد تعرضت أجزاء من المنطقة للغمر البحرى أيضا خلال الباليوسين والإيوسين الأوسط والأعلى ، وفى عصر الأوليجوسين والميوسين تأثرت المنطقة بعمليات الرفع التى أصابت شبه جزيرة سيناء ، كذلك فقد نشطت عمليات البركنة وتكونت مجموعة من القواطع البازلتية.

- خلال الزمن الرابع تعاقبت على المنطقة بعض التغيرات المناخية التى أدت الى تكوين بعض المدرجات النهرية وتكونت كذلك رواسب المراوح الفيضية.

الفصل الثاني

حوض التصريف

أولا : المساحة

ثانيا : أبعاد حوض التصريف

أ – الطول ب – العرض ج – المحيط

ثالثا : شكل الحوض

أ – نسبة الاستطالة ب – نسبة الاستدارة ج – معامل الشكل

د – معامل الاندماج هـ – معامل الانبعاج و – نسبة الطول/العرض

رابعا : تضرس الحوض

أ – نسبة التضرس ب – درجة الوعورة ج– التضاريس النسبية

د – التكامل الهبسومتري هـ – الرقم الجيومتري

خامسا : انحدار سطح الحوض

سادسا : المنحنى الهبسومتري والمرحلة الجيومورفولوجية

سابعا : العلاقات بين متغيرات حوض التصريف

أ – التحليل العاملي ب – التحليل العنقودي

مقدمة

تعد دراسة الأبعاد المورفومترية لحوض التصريف ودراسة خصائص الشبكة من الأسس المهمة فى الدراسة الجيومورفولوجية ، ولا شك أن الأحواض ذات الأبعاد المتشابهة مورفومتريًا توحى بتشابه ظروف النشأة وتشابه العوامل التى أثرت فى نشأتها مثل نوع الصخر وبنيته والظروف المناخية .

وقد أشار كل من (Slaymaker , 1966 ،Strahler , 1964, Chorley , 1962 (Waugh, 1990 , Morisawa, 1968 ، Schumm & Lichty , 1965 إلى أنه يمكن اعتبار حوض التصريف نظاماً مفتوحاً Open System ، وفى هذا النظام المفتوح يوجد نوع من التوازن بين المدخلات والمخرجات الخاصة بالطاقة والمادة Energy & Material ، وقد أشار كثير من الباحثين إلى أن نظام التصريف يصل بعد فترة إلى حالة الثبات النسبي Steady State والتى تعنى أن كمية الرواسب التى ينتجها حوض التصرف تعادل تلك الكمية التى يخرجها ، أو بمعنى أخر أن الطاقة التى يبذلها النهر فى عملية النحت تعادل تلك الطاقة المبذولة فى عملية الإرساب ، وبمجرد وصول النهر إلى حالة الثبات النسبي فانه يصبح ذاتي التنظيم Self-Regulating لأية تغيرات فى بيئة الحوض ، ومن المتوقع أنه بوصول حوض التصريف إلى حالة الثبات النسبي فإن الأبعاد المورفومترية سوف تصل إلى حالة من الانتظام خاصة فى الأحواض المتجاورة .

وقد أشار (Doornkamp, &, king, 1971, p.4) إلى أن استخدام التحليل المورفومتري يساعد على :-

١- دراسة العلاقات بين المتغيرات المورفومترية لأحواض التصريف .

٢- دراسة العلاقة بين المتغيرات المورفومترية من جهة وخصائص الأحواض الأخرى مثل نوع الصخر وكمية التصريف من جهة أخرى .

٣- الوصول إلى تقسيم موضوعي لأحواض التصريف ذات الخصائص المتشابهة ثم مطابقة هذا التقسيم بالتقسيم الإقليمي للأحواض .

٤-اعتبار أحواض التصريف وحدات مستقلة يمكن من خلالها دراسة أشكال انحداراتها .

وقد قام الطالب باستخدام بعض الأساليب الإحصائية البسيطة مثل معاملات الارتباط ومعادلة خط الانحدار لمعرفة العلاقة بين كل متغيرين على حده ، ثم قام الطالب باستخدام بعض الأساليب الإحصائية المتقدمة مثل تحليل العوامل Factor Analysis والتحليل العنقودي Cluster

Analysis وذلك لمعرفة العوامل المسئولة عن اختلاف البيانات وكذلك للوصول إلى مجموعات متشابهة الخصائص (١)

وسوف تتم دراسة المتغيرات الخاصة بأحواض التصريف كل على حده ثم دراسة العلاقات فيما بينها ثم دراسة العلاقة بين هذه المتغيرات وخصائص الأحواض مثل نوع الصخر والظروف البنيوية .

أولا : المساحة

بناءا على تعريف (Leopold, et-al, 1964,p.131) فإن مساحة حوض التصريف هي تلك المساحة التى تمد مجرى أو مجموعة من المجاري بالماء ، كما أنها مصدر المياه التي تمد المجاري المائية باحتياجاتها من الماء ، ويسهل التعامل مع هذه الوحدة المساحية من حيث تحديد العمليات الجيومورفولوجية التي تسود بها وكذلك تحديد العناصر المناخية ومدى تأثيرها وخاصة الأمطار .

وتؤثر مساحة حوض التصريف تأثيرا مباشرا على عدد وأطوال المجارى وما يتبع ذلك من تأثير على كمية التصريف وكذلك حجم وكمية الرواسب ، كذلك فان مساحة حوض التصريف تؤثر على حجم ومقدار الفيضانات وأقل تصرف ، فكلما زادت مساحة الحوض زادت الفترة الزمنية لتصرف الحوض ، أي أنه كلما زادت مساحة الحوض قلت شدة الفيضان ، وذلك إذا أخذنا في الاعتبار أن الفواقد losses بواسطة عملية التسرب Infiltration تزداد عادة كلما زادت المساحة مع ثبات العوامل الأخرى ، مثل نوع الصخر والانحدار وكمية المياه ، (السلاوي ، ١٩٨٩ ، ص ص ٣٠٥-٣٠٧) .

وقد قنن (Chorley, 1969, p.40) العلاقة بين مساحة الحوض وحجم التصرف من خلال العلاقة التالية

$$Q_{2.33} = 12\ A^{0.79}$$

حيث Q تمثل كمية التصرف

حيث A تمثل مساحة التصريف

وقد أكد (Schumm, 1977, P. 70) أن هناك علاقة بين مساحة حوض التصريف وكمية الرواسب التى يجلبها النهر عند نقطة المصب ، وذلك من خلال دراسته لثمانية أحواض فى ولايتي

---

(١) تم استخدام بعض البرامج الإحصائية مثل :

1- Microsoft Excel ver. 97.
2- SPSS (Statistical Package for Social Sciences) ver. 9 .

أريزونا ونيومكسيكو ، وعلى غير المتوقع جاءت العلاقة بين مساحة حوض التصريف وإجمالي كمية الرواسب التي يجلبها النهر عند مصبه علاقة عكسية ، بمعنى أنه كلما زادت مساحة حوض التصريف قلت كمية الرواسب التي يحملها النهر عند نقطة المصب وقد أرجع Schumm ذلك إلى القدرة الكامنة Potential Power لحوض التصريف على الاحتفاظ بالرواسب ، وهذا يعني أنه كلما زادت مساحة حوض التصريف تزداد قدرة الحوض على الاحتفاظ بالرواسب وتخزينها بصورة مؤقتة أو دائمة داخل الحوض نفسه ، وبناء على ذلك فإن العلاقة بين مساحة حوض التصريف وكمية الرواسب جاءت كما يلي :

$$Q_S = 2.4\,A^{-0.229}$$

حيث Q_S تمثل كمية الرواسب

حيث A تمثل مساحة حوض التصريف

كذلك فقد قنن (Knighton, 1984, P 4) العلاقة بين مساحة حوض التصريف أقصى تصرف كما يلي : -

$$Q_b = 0.42\,A_d^{\,0.69}$$

حيث Q_b تمثل أقصى تصرف

A_d تمثل مساحة حوض التصريف

كما أن مساحة حوض التصريف تتناسب طردا مع مساحة المروحة أو الدلتا التي يكونها الوادي ، ويعتبر وادي وتير خير مثال على ذلك ، إذ أنه يعد أكبر الأدوية التي تصب في خليج العقبة من حيث المساحة كما أن دلتاه تعد من اكبر الدلتاوات مساحة مقارنة بدالات بالأودية الأخرى التي تصب في خليج العقبة .

وهناك علاقات أخرى كثيرة بين مساحة حوض التصريف ومتغيرات الحوض والشبكة سوف ترد في حينها .

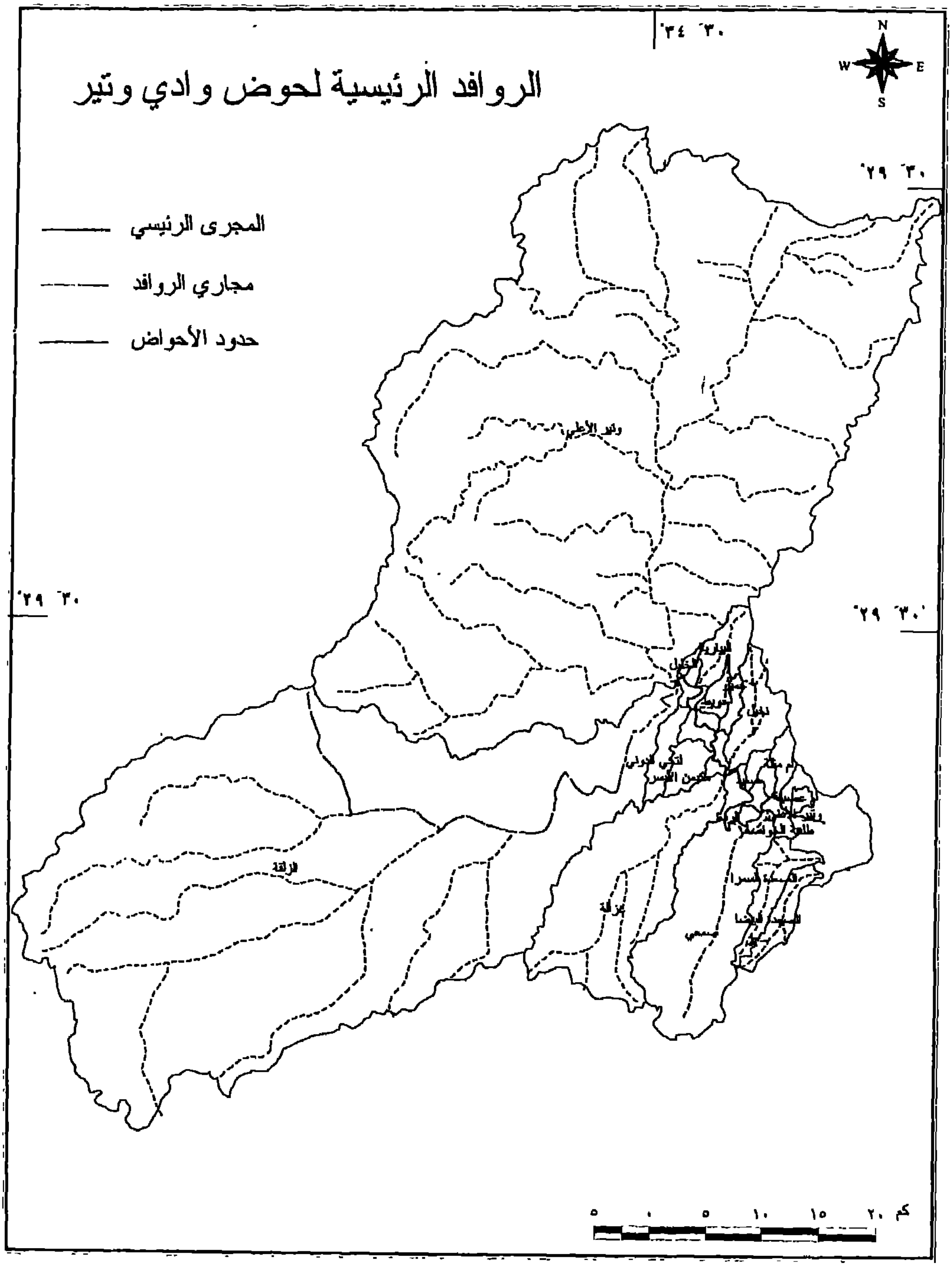
وقد اعتمد الطالب عند تحديده لمساحات أحواض التصريف على الخرائط الطبوغرافية ٥٠,٠٠٠/١ ، وتم ذلك من خلال عدة خطوات هي :-

١ - **تحديد مساحة حوض وادي وتير ثم تحديد أحواض الروافد التي تتصل مباشرة** بالمجرى الرئيسي ابتداءا من الرتبة الرابعة فأعلى ، وقد بلغ عددها ٢٠ واديا ، جدول (٢-١) ، شكل (٢-١) .

٢ - تحويل البيانات من على الخرائط إلى الحاسب الآلي بإستخدام المرقم الآلي Digitizer ، وباستخدام برنامج AUTO CAD R.14 .

جدول (٢-١) أبعاد أحواض التصريف الرئيسية

أسم الوادي	المساحة (كم٢)	المحيط (كم)	الطول (كم)	العرض (كم)
وتير الأعلى	١٧٥٨	٢٢٧,٤	٤٨,٦٣	٤٤,٢٦
الزلقة	١٢٨٢	٢٠١	٦٣,٧	٣٦,٢
نخيل	٣٣,٦	٣٢,٣	١١,٧	٤,٦
أم عصبلة	٣,٣١	٨,٧	٢,٧	٢
أم مثلة	٨,٣	١٥,٣	٦,٦١	٢,٥
صعيد	٤,٥	١٠,٤	٤,٣	١,٦
ساكت سكوت	٣,٥	٨,٤	٣,٤	١,٨
حمير	٥,٩	١٤,٩	٥,٨	١,٥
حويط	٧,٧١	١٥,٤	٩,٥	٢,٤
البيارية	٢٠,٥	٢٥	٨,٣	٤,٢
الخليل	٢,١	٧,٧١	٣,٣١	١,١١
لتحي الدوني	١٤,٢	٢٤,١	٩,٤	٢,٣
مكيمن الأيسر	١٣,٧	١٨,١	٦,١	٤,١
غزالة	١٦٨,٧	٧٧,٣	٢٤,٩	١٠,٨
الردة	١,٩	٧,٢	٢,٩	١,١١
صمغي	١٣٨	٦٥,٤	٢٢	١٠
طلعة الخواصة	٣,٥	٨,٤	٢,٥	٢,٥
الصعدة السمرا	٢٥,١	٣٧,٦	١٤,٦	٣,٣١
الصعدة البيضا	١٨,٥	٣٠,٥	١١,٨	٢,٦
وتير الأدنى	٧٩	١٠٨,٥	٢٣,٥٥	٩,٤٥
وادي وتير	٣٥٩٣	٣٧٠,٧	٧٧,٤	١٠٨,٦
الانحراف المعياري	٤٦٧,١	٦٣,١	١٣,١	[illegible]
معامل الاختلاف	٢٦٠	١٣٣,٧	١١٢,٦	١٥٧,[illegible]


الروافد الرئيسية لحوض وادي وتير
المجرى الرئيسي
مجاري الروافد
حدود الأحواض
N
S
E
W
٣٠ ٣٤
٣٠ ٢٩
٢٠ ١٥ ١٠ ٥ ٠ ٥
كم

شكل (٢ - ١)

٣ - تحويل البيانات الرقمية Digital إلى برنامج ARCINFO لاستخراج مساحات الأوديه بعد تنفيذ عملية Topology [١].

وقد تم دراسة مساحة حوض التصريف كوحدة مورفولوجية واحدة ، ثم دراسة مساحات أحواض الروافد داخل الحوض ذاته ، ثم دراسة المساحات على مستوى الرتبة النهرية .

وقد بلغت مساحة حوض وادي وتير نحو ٣٥٩٣ كم٢ وهو بذلك يعد أكبر أحواض خليج العقبة مساحة كما أنه يأتي فى المرتبة الثانية بعد وادي العريش - ١٩٣٠٦كم٢ - من حيث مساحة الأحواض في شبه جزيرة سيناء ، (صالح ،١٩٨٥،ص ٣٨) .

وقد بلغت نسبة الوادي ٥,٨ ٪ من جملة مساحة شبه جزيرة سيناء ، ونحو ٠,٣ ٪ من إجمالى مساحة مصر كلها ، ويعد وادي وتير من أكبر الأودية الجافة بمصر .

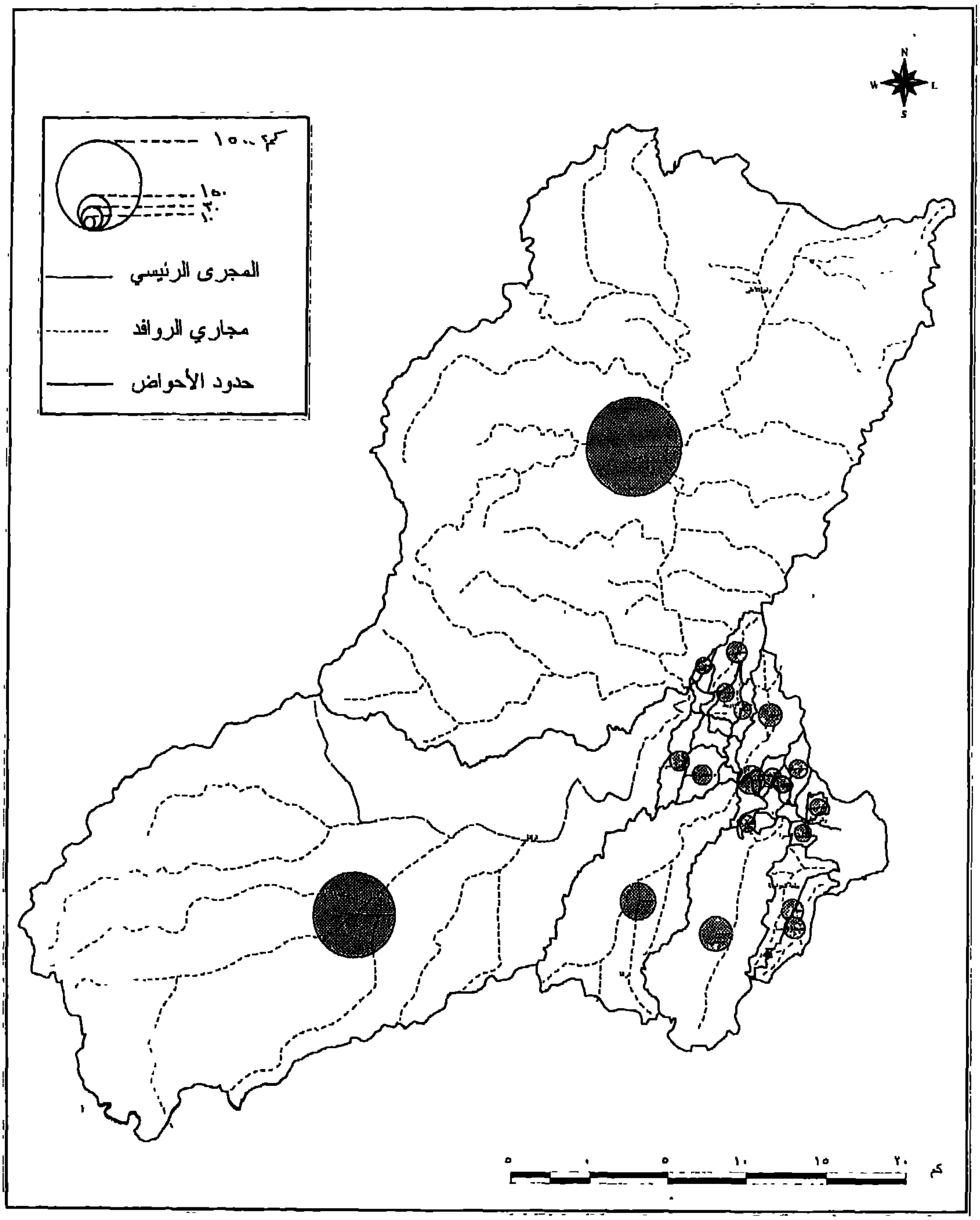
وكما سبق وأشرنا فإن الوادي يتألف من ٢٠ رافدا شاملا الوادي الرئيسي الذي يصل إلى الرتبة التاسعة ، وتتفاوت مساحات هذه الروافد تفاوتا كبيرا كما يوضحها جدول (٢-١) ، حيث تصل مساحة بعض هذه الروافد لأكثر من ألف كم٢ مثل وادي وتير الأعلى ووادي الزلقبة حيث تمثل مساحة الرافدين معا نحو ٨٤ ٪ من إجمالي مساحة وادي وتير بأكمله

بينما تصل مساحة بعض الأحواض الصغيرة لأقل من ٢كم٢ وقام الطالب بتقسيم هذه الروافد إلى عدة فئات بحسب مساحتها وكانت كالتالي :

جدول (٢-٢) تصنيف أحواض الروافد حسب مساحاتها

الفئة (كم٢)	العدد				المساحة				
	العدد	المتجمع الصاعد	العدد ٪	المتجمع الصاعد	المساحة كم٢	المتجمع الصاعد	المساحة ٪	المتجمع الصاعد	متوسط المساحة كم٢
اقل من ١٠	٩	٩	٤٥	٤٥	٤٠,٧	٤٠,٧	١,١٣	١,١٣	٤,٥
١٠-٥٠	٦	١٥	٣٠	٧٥	١٢٥,٦	١٦٦,٣	٣,٤	٤,٥٣	٢٠,٩
٥٠-١٠٠	١	١٦	٥	٨٠	٧٩	٢٤٥,٣	٢,٢١	٦,٧٣	٧٩
١٠٠-٢٠٠	٢	١٨	١٠	٩٠	٣٠٦,٧	٥٥٢	٨,٥	١٥,٢٣	١٥٣,٣
٢٠٠ فاكثر	٢	٢٠	١٠	١٠٠	٣٠٤٠	٣٥٩٣	٨٤,٦	١٠٠	١٥٢٠
المجموع	٢٠	٢٠	١٠٠		٣٥٩٣	٣٥٩٣	١٠٠		

(١) هي عملية تجرى على الحاسب الآلي باستخدام برنامج ARCINFO وذلك لبيان العلاقات بين كل OBJECT داخل الخريطة وينتج عن هذه العملية جدول تحتوى على مساحة كل وادي ومحيطه وبعض البيانات الأخرى .



شكل (٢ - ٢) تصنيف الأودية حسب مساحاتها

ومن الجدول السابق يتضح ما يلي :-

١ - بلغ عدد روافد وادي وتير ٢٠ رافدا (من الرتبة الرابعة فأعلى) منها ٩ روافد تبلغ مساحة كل منها اقل من ١٠كم٢ أي ان حوالي نصف الروافد ذات مساحات اقل من ١٠كم٢ ، شكل (٢-٢) .

وقد بلغ متوسط مساحات هذه الأحواض نحو ٥ كم٢ ، مما يدل على أنها أحواض صغيرة المساحة بصفة عامة . وربما ترجع زيادة أعداد هذه الروافد صغيرة المساحة لتأثرها بالظروف البنيوية كما سيرد في الصفحات التالية ، وقد بلغت جملة مساحة روافد هذه الفئة نحو ٤١ كم٢ بنسبة ١,١٣٪ من إجمالي مساحة الحوض ، وترجع قلة هذه النسبة بصفة عامة لصغر مساحة هذه الأحواض . ومن الممكن أن نطلق على أودية هذه الفئة **"الأودية التركيبية"** وذلك لأنها تأثرت بظروف البنية ونوع الصخر ويظهر ذلك في صغر مساحاتها وقصر أطوال مجاريها وشدة انحدار جوانب أوديتها .

٢- وقد بلغ عدد أودية الفئة الثانية ستة أودية تتراوح مساحاتها بين ١٠-٥٠ كم٢ ، وقد بلغ إجمالي مساحات هذه الفئة نحو ١٢٥ كم٢ بنسبة ٣,٤٪ من إجمالي مساحة الحوض ، وقد بلغ متوسط مساحات هذه الأودية ٢٠,٩ كم٢ ، وتضم هذه الفئة أودية نخيل والبيارية ولتحي الدوني ومكيمن الأيسر والصعدة البيضا والصعدة السمرا ، ويلاحظ أن أغلب هذه الأودية تقع في نطاق الصخور النارية .

٣- وتضم الفئة الثالثة (٥٠-١٠٠ كم٢)وادي واحد فقط وهو الوادي الرئيسي الذي من الممكن أن نطلق عليه وادي وتير الأدنى تمييزاً له عن وادي وتير الأعلى ، وقد بلغت مساحته ٧٩ كم٢ .

٤- أما الفئة الرابعة والتى يتراوح مساحة أوديتها بين ١٠٠-٢٠٠ كم٢ فتضم واديين فقط هما واديا غزالة وصمغي وقد بلغ إجمالي مساحتهما معا ٣٠٦ كم٢ بنسبة ٨,٥ ٪ من إجمالي مساحة الحوض ككل .

٥- بلغ عدد الفئات الأربع السابقة نحو ١٨ واديا وبلغت جملة مساحاتها ٥٥٢ كم٢ بنسبة ١٥ ٪ من إجمالي مساحة حوض التصريف ، بينما بلغ عدد أودية الفئة الخامسة والأخيرة واديين فقط هما (الزلقة ووتير الأعلى) وبلغ متوسط مساحتهما ١٥٢٠ كم٢ ويمكن القول بأن هذين الواديين يمثلان مع أودية الفئة الرابعة الروافد الرئيسية لحوض وادي وتير ، إذ تمثل الأودية الأربعة

مجتمعة نحو ٩٣ ٪ من إجمالي مساحة حوض الوادي ، ويلاحظ أن هذه الأودية تجرى فى منـاطق الصخور الرسوبية والتى يسهل نحتها وبالتالي تتكون الأودية كبيرة المساحة باستثناء بعض روافـد وادي غزالة والزلقة والتى تجرى فوق الصخور النارية ، كما ان أودية هذه الفئة لم تتأثر بـالظروف البنبوية بصوره كبيرة مثل أودية الفئات الأولى والثانية والثالثة ،

٦- استطاع كل من ((Doornkamp, & King, 1971,Pp.30-31)) ، أن يتوصلا الـى معادلة توقع نسبة احتمال وقوع أي وادي فى فئة بعينها ، فمن خـلال الجـدول السـابق (٢-٢) ، يتضح أن ٤٥ ٪ من إجمالي أعداد الأودية يقع فى الفئة الأولى (أقل مـن ١٠كـم٢) وقـد أشـار دورنكامب وكنج إلى أنه بقسمة هذا الرقم على ١٠٠ يصبح ٠,٤٥ وهذا يعنى أن احتمال وقـوع أي وادي randomly selected basin فى الفئة الأولى يبلغ ٠,٤٥ أو أن احتمال وقوع أي وادي فى المرتبة الأولى يقترب من ٥٠ ٪ ، وهذا يدلنا على أن السيادة فـى حـوض وادي وتـير للأوديـة صغيرة المساحة (اقل من ١٠كم) ، وبنفس الطريقة فان احتمال وقوع أي وادي فى الرتبـة الثانيـة يبلغ ٠,٣٠ ، بينما يبلغ احتمال وقوع أي وادي فى المرتبة الخامسة ٠,١٠ .
ومن الممكن صياغة ذلك فى المعادلة التالية :

$$P\ (10 < A_1 \leq 100) = 0.80$$

حيث

A_1 تمثل مساحة أي وادي

P احتمالية وقوع الوادي في الفئة بين أقل من ١٠ كم٢ واقل من أو يساوى ٨٠ كم٢

٧ - هناك عامل أخر عمل على زيادة مساحة الأودية وهو الأسر النهري ، ولا نقصد هنـا الأسر النهري داخل روافد الوادي نفسه ولكن نعنى الأسر النهري بين روافد حـوض التصريـف وروافد الأحواض الأخرى المجاورة لحوض وادي وتير ، فلاشك أن عمليات الأسر النهري كـانت أقوى خلال العصور المطيرة عما هى عليه الآن وتبين الخرائط والصور الجوية انضمام مسـاحات كبيرة من الأراضي لروافد حوض وادي وتير وخاصة وادي غزالة ووادي الزلقـة ، حيـث تقـدر المساحة التى ضمت لوادي الزلقة بأكثر من ٢٠٠ كم٢ وربما أكثر وليس أدل على ذلك من اتخـاذ وادي الزلقة شكله الحالي حيث يتجه من الجنوب الغربي صوب الشمال الشرقي ويبلغ طوله قرابـة ٦٤ كم وتبلغ مساحته نحو ١٢٥٠ كم٢ أي نحو ٣٥٪ من جملة مساحة حوض التصريـف ككـل ،

كما أن هناك أدلة أخرى على حدوث عمليات الأسر النهري سوف يرد الحديث عنها أثناء دراسة الأشكال الجيومورفولوجية في حوض التصريف .

من خلال العرض السابق ومن خلال خريطة البنية الجيولوجية وخريطة أحواض الروافد ، شكل (٢-٣) يتضح أن الأودية صغيرة المساحة وبصفة خاصة أودية الفئتين الأولى والثانية تقع فى مناطق تنتشر بها الصدوع بصورة كثيفة ، وعلى الجانب الأخر نجد أن الأودية كبيرة المساحة هى الأودية الأقل تأثراً بالظروف البنيوية والتى تجرى فوق التكوينات الرسوبية التى يسهل نحتها ، كما الحال في الرافدين الرئيسيين للحوض وهما وتير الأعلى والزلقة .

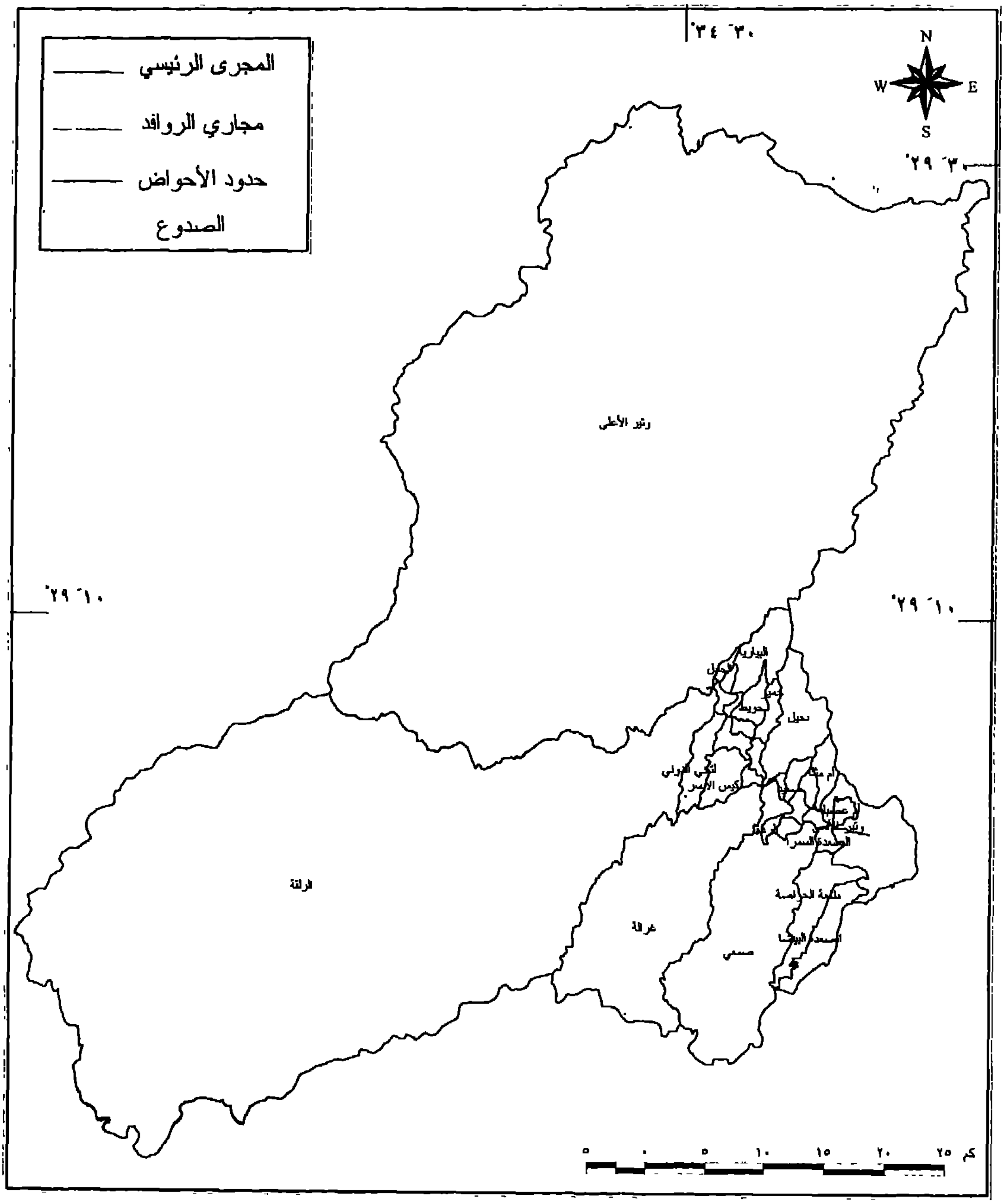
يلاحظ أن واديي وتير الأعلى والزلقة هما أكبر روافد الحوض مساحة إذ تبلغ مساحتهما اكثر من ٨٤ ٪ من إجمالي مساحة الحوض ككل ، وربما يرجع كبر مساحة هذين الواديين إلى اختلاف نوع الصخر حيث أن الجزء الجنوبي يتألف بصورة أساسية من الصخور النارية بينما نجد ان الجزء الشمالي للوادي يتألف معظمه من الصخور الرسوبية الأقل صلابة .

وبذلك نستطيع القول بأن نوع الصخر والظروف البنيوية هى السبب الرئيسي فى تشكيل أحواض روافد الوادي واتخاذه شكل ورقة الشجرة المنبعجة غرباً .

العلاقة بين المساحة والرتبة النهرية .

قام الطالب بقياس مساحة الرتب النهرية على مستوى حوض وادي وتير وكل رافد من روافده على حده عن طريق استخدام أسلوب العينة وتم بعد ذلك الحصول على متوسط المساحة على مستوى كل رتبة نهرية لكل حوض من أحواض الروافد ، وقد روعي عند إجراء العينة ما يلي :

- أن تغطى العينة معظم أجزاء الوادي وذلك مراعاة لاختلاف المساحة باختلاف التكوينات الجيولوجية واختلاف انحدار سطح الأرض كذلك .
- روعي عند تحديد العينة ان تكون ممثلة لكل أحوال الرتبة النهرية ، بمعنى انه عند حساب مساحات الرتبة الأولى على سبيل المثال ، روعي أن يتم قياس مجارى الرتبة الأولى التي تتجمع لتكون مجرى من الرتبة الثانية وكذلك مجارى الرتبة الأولى التى تصب فى رتب أعلى من الرتبة الثانية .
- روعى عند اختيار العينة أن تكون متدرجة من الرتب الأقل إلى الرتب الأعلى وذلك بسبب زيادة أعداد المجاري في الرتب الأقل وقلتها في الرتب الأعلى وجاءت نسبة العينة للرتب من الأولى إلى التاسعة كما يلي : ١٠ – ٢٠ – ٣٠ – ٤٠ – ١٠٠ – ١٠٠ – ١٠٠ – ١٠٠ – ١٠٠ ٪ على الترتيب .



شكل(٢ - ٣) أحواض الروافد وعلاقتها بأنظمة الصدوع

- تم استخراج متوسط مساحة كل رتبة على مستوى كل حوض ثم حساب مجموع مساحات عدد المجاري النهرية فى كل رتبة بضرب عدد المجاري لرتبة معينة فى متوسط مساحة هذه الرتبة ، وهكذا لباقي الرتب .
- تم استخدام البرامج الحديثة مثل Excel , SPSS, Statistica لحساب المعاملات المورفومترية للعلاقات بين الرتبة النهرية ومتوسط المساحة وإجمالي المساحة .

وقد اتضح من خلال دراسة جدول (٢-٣) الذى يبين العلاقة بين الرتبة النهرية ومتوسط وإجمالي المساحات ما يلي :-

- بلغ معامل الارتباط بين الرتبة النهرية ومتوسط المساحة ٠,٧٤ على مستوى وادي وتير ككل ، وهذا يؤكد قوة العلاقة بين المتغيرين السابقين (الرتبة - متوسط المساحة)

- بلغت معادلة خط الانحدار ،شكل (٢-٤)

$$Y = 0.0167\, e^{1.424X}$$

حيث

Y = متوسط المساحة

X = الرتبة النهرية

وقد بلغ معامل التحديد R^2 = ٠,٩٩

ويشير هذا المعامل إلى قوة العلاقة بين المتغير التابع والمتغير المستقل ، ومن المعروف انه كلما اقتربت قيمة معامل التحديد من الواحد الصحيح دل ذلك على قوة العلاقة بين المتغيرين ، ويشير الرقم السابق (٠,٩٩) إلى أن ٩٩٪ من الاختلافات فى قيم المتغير المستقل (متوسط المساحة) يمكن تفسيرها بالاختلافات فى قيم المتغير التابع (الرتبة النهرية) وان نحو ٠,٠١ ٪ من هذه الاختلافات ترجع إلى أخطاء عشوائية أو إلى عامل الصدفة ، (أبو عياش ، ١٩٧٨،ص٢٢٣) .

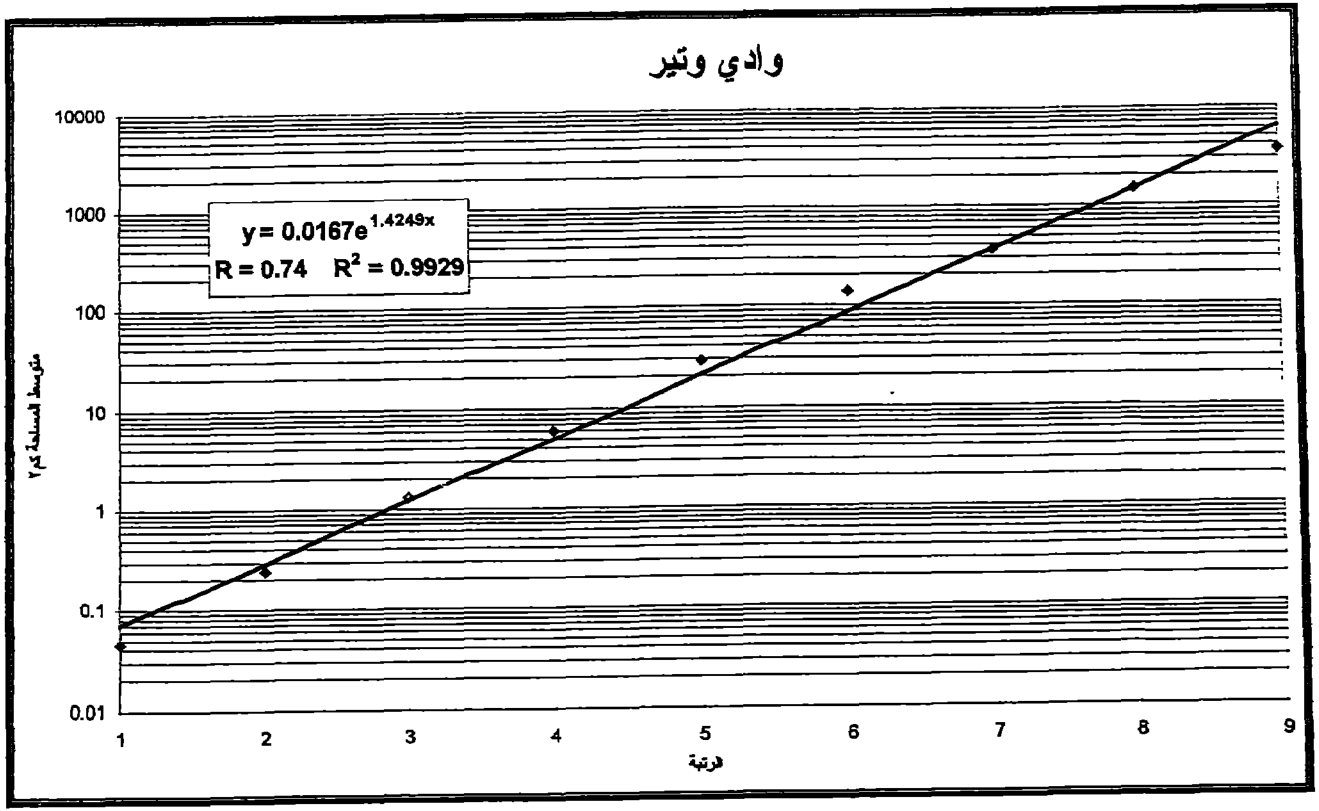
- بلغت متوسطات مساحات الرتب النهرية ٠,٠٤٧ ، ٠,٢٤ ، ١,٣٣ ، ٦,٤ ، ٣٢,٧ ، ١٥٢ ، ٣٩٤ ، ١٥٢٠ كم٢ للرتب النهرية من الأولى إلى الثامنة على التوالي ، وينبغي الإشارة إلى أن العوامل الليثولوجية والبنيوية قد قامت بدور كبير فى قلة مساحات مجارى الرتبة الأولى والذي لا يتعدى ١,٠٤ كم٢ ، فى حين أن العوامل ذاتها قد لعبت دوراً كبيراً فى كبر مساحة مجارى الرتب الأعلى ابتداءاً من الرتبة الخامسة والتى تجرى فى معظمها فوق صخور جيرية هشة ساعدتها على تكوين مساحات حوضية كبيرة .

وقد أشار كثير من الباحثين إلى العلاقة بين الرتبة النهرية ومتوسط المساحة ومنهم (Horton, 1945; P. 294) و(Chorley, 1969, Pp. 87-88) و(Schumm, 1956,P. 606)

جدول (٢-٣)

متوسط مساحات الرتب النهرية

أسم الوادي	متوسط مساحات الرتب النهرية (كم٢)								
	الأولى	الثانية	الثالثة	الرابعة	الخامسة	السادسة	السابعة	الثامنة	التاسعة
وتبر الأعلى	٠,٠٤٥	٠,٢٥٥	١,٣١٨	٥,٧٦٥	٨٣,٩٤	١٨٦,٢٣	٣٢٠,٧	١٧٥٨	
الزلقة	٠,٠٦٣	٠,٣٥٦	١,٧٨	٧,١	٣٥,٩	١٢٥	٤٦٧	١٢٨٢,٦	
نخيل	٠,٠٣٧	٠,٢٦٩	١,٩٨٨	٤,٢٧٥	٣٣,٦٠٠				
أم عصبلة	٠,٠٧٥	٠,٢٩١	١,٣٥	٣,٣٢					
أم مثلة	٠,٠٥٤	٠,٢٣١	١,٠٥٠	٨,٣٢٤					
صعيد	٠,٠٥٠	٠,١٨٨	١,٥٥	٤,٤٦٥					
ساكت سكوت	٠,٠٤٥	٠,١٩٢	٠,٦٦٣	٣,٤٦٦					
حمير	٠,٠٤٧	٠,٢٦٣	١,٤٦	٥,٩٥					
حويط	٠,٠٤٨	٠,٢٧٩	٠,٦٤٤	٧,٦٧					
البيارية	٠,٠٥٩	٠,٢٤٤	١,٣٥٥	٥,٩١٧	٢٠,٤٥				
الخليل	٠,٠٣٩	٠,٢٨٥	١,٠٢٥	٢,١٠٢					
لتحي الدوني	٠,٠٤٦	٠,١٢١	٠,٩٣٨	١٤,٢٤					
مكيمن الأيسر	٠,٠٥١	٠,١٨٣	١,٣٧٥	٦,٠٢٥	١٣,٧٢				
غزالة	٠,٠٤٢	٠,٢٢١	١,٥	٥,٩	٢٦	١٦٤,٥			
الردة	٠,٠٣٥	٠,٢١٦	٠,٧١٣	١,٨٧					
صمغي	٠,٠٥٥	٠,٢٨٤	١,٠٣	٣,٩٩	٢٤,٢٧	١٣٥,٢١			
طلعة الخواصة	٠,٠٥٩	٠,٢٣١	١,٠١٣	٣,٥					
الصعدة السمرا	٠,٠٢٧	٠,٢٢٣	١,٠٧٥	٩,٨	٢٥,١				
الصعدة البيضا	٠,٠٣٤	٠,٢٠٨	٣,١	١٨,٤٨					
وتير الأدنى	٠,٠٣٧	٠,٢٤٠	١,٧٨	-	-	-	-	-	٣٥٩٣
وتير	٠,٠٤٧	٠,٢٣٩	١,٣٣	٦,٤	٣٢,٨٦	١٥٢,٧	٣٩٤,١	١٥٢٠,٠	٣٥٩٣
الانحراف المعياري	٠,٠١١	٠,٠٥٠	٠,٥٥٦	٤,٢	٢١,٧٨	٢٧,٩	١٠٣,٧	٣٣٦,٢	
معامل الاختلاف	٢٤	٢١	٤١,٧	٦٤	٦٦	١٨,٣	٢٦,٣	٢٢,١	

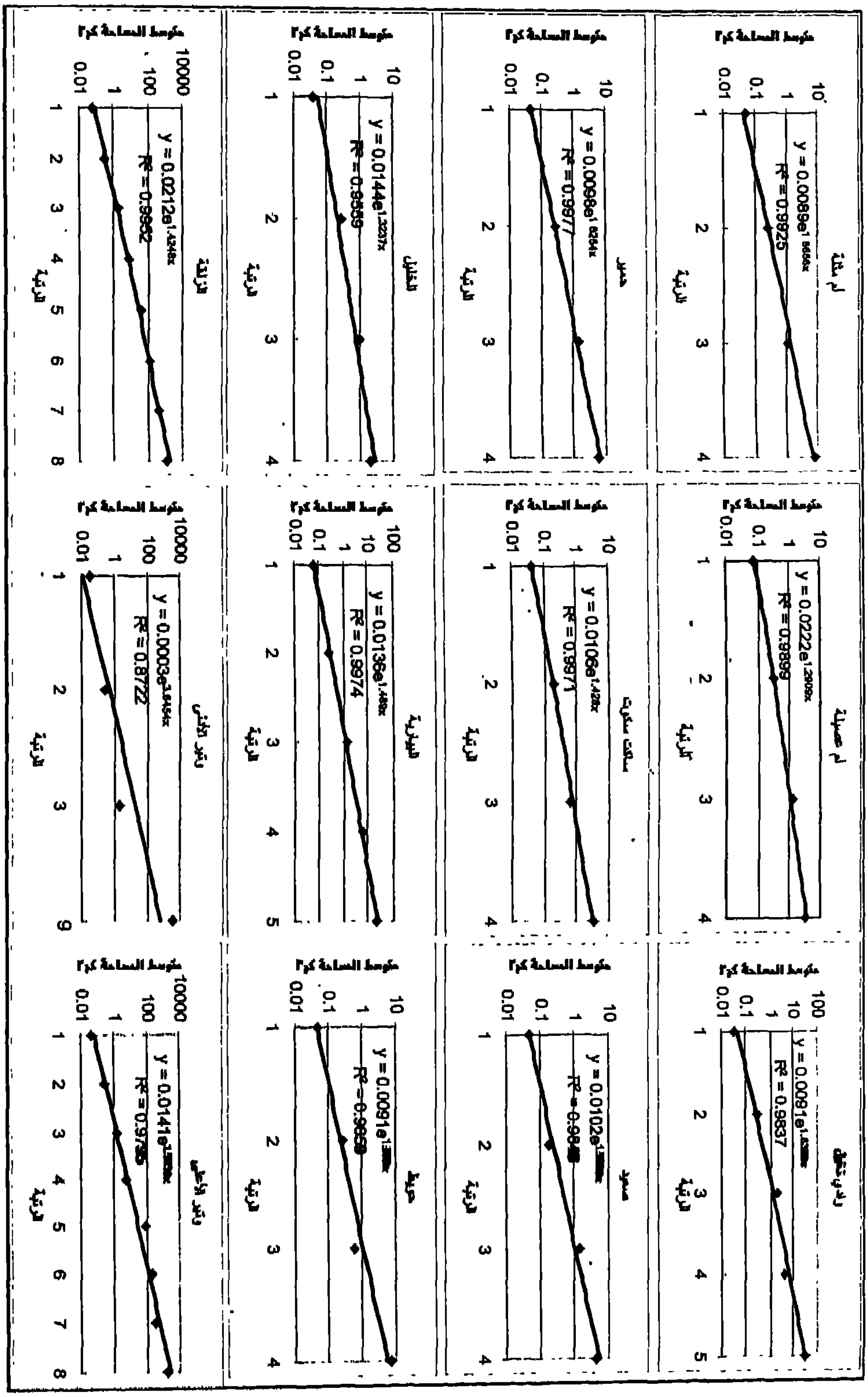


شكل (٢-٤) العلاقة بين الرتبة النهرية ومتوسط المساحة لوادي وتير

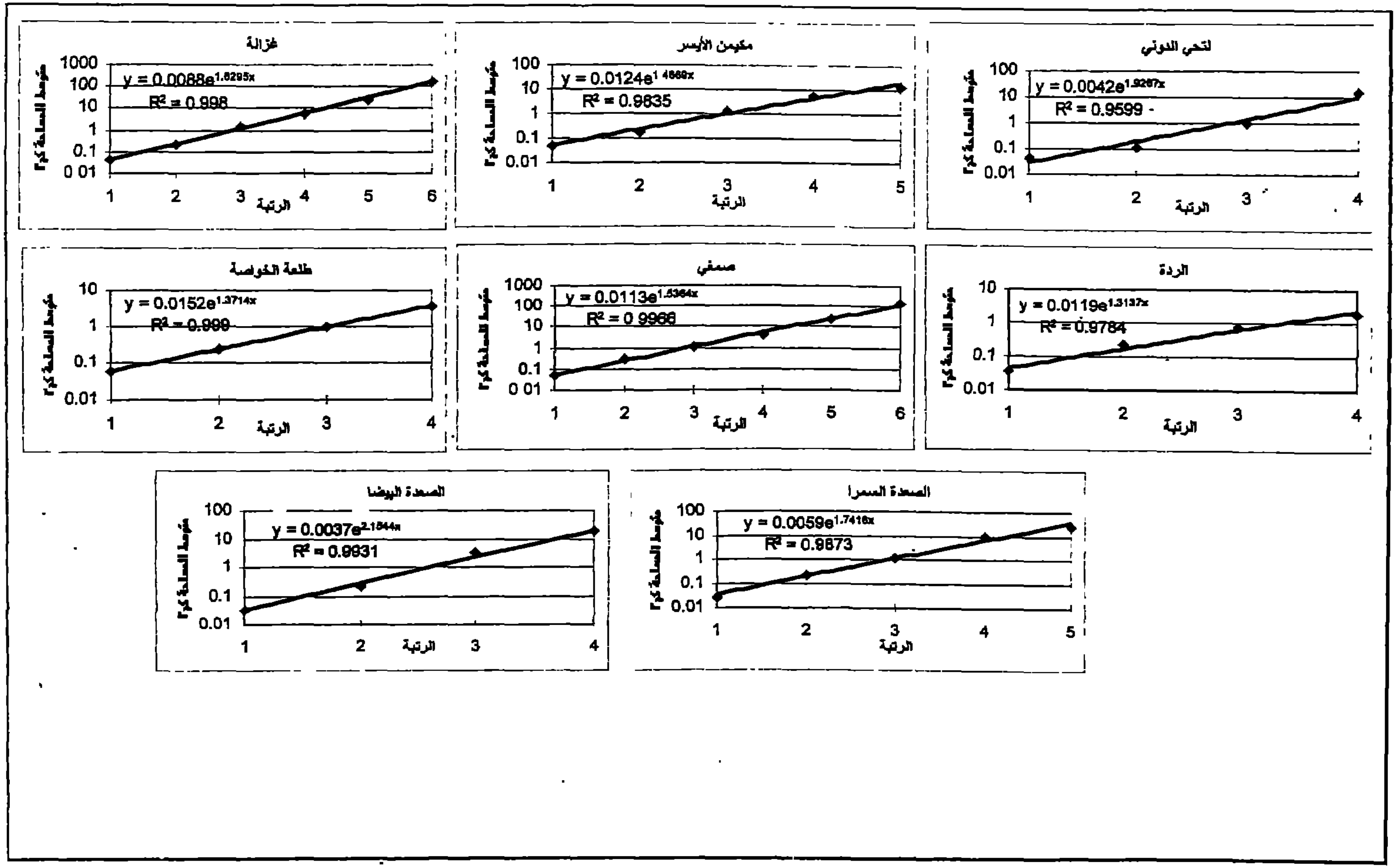
وغيرهم كثيرين قد أشاروا إلى أن العلاقة بين الرتبة النهرية ومتوسط المساحة هى علاقة طردية فى صورة متوالية هندسية ، إذ يزيد متوسط مساحة الأحواض بزيادة رتبها النهرية ، وهذا ما أكدته الدراسة الحالية .

أما بالنسبة للعلاقة بين *الرتب النهرية والمساحة على مستوى أحواض الروافد* فيمكن تسجيل الملاحظات الآتية من خلال جدول (٢-٣) والأشكال (٢-٥) .

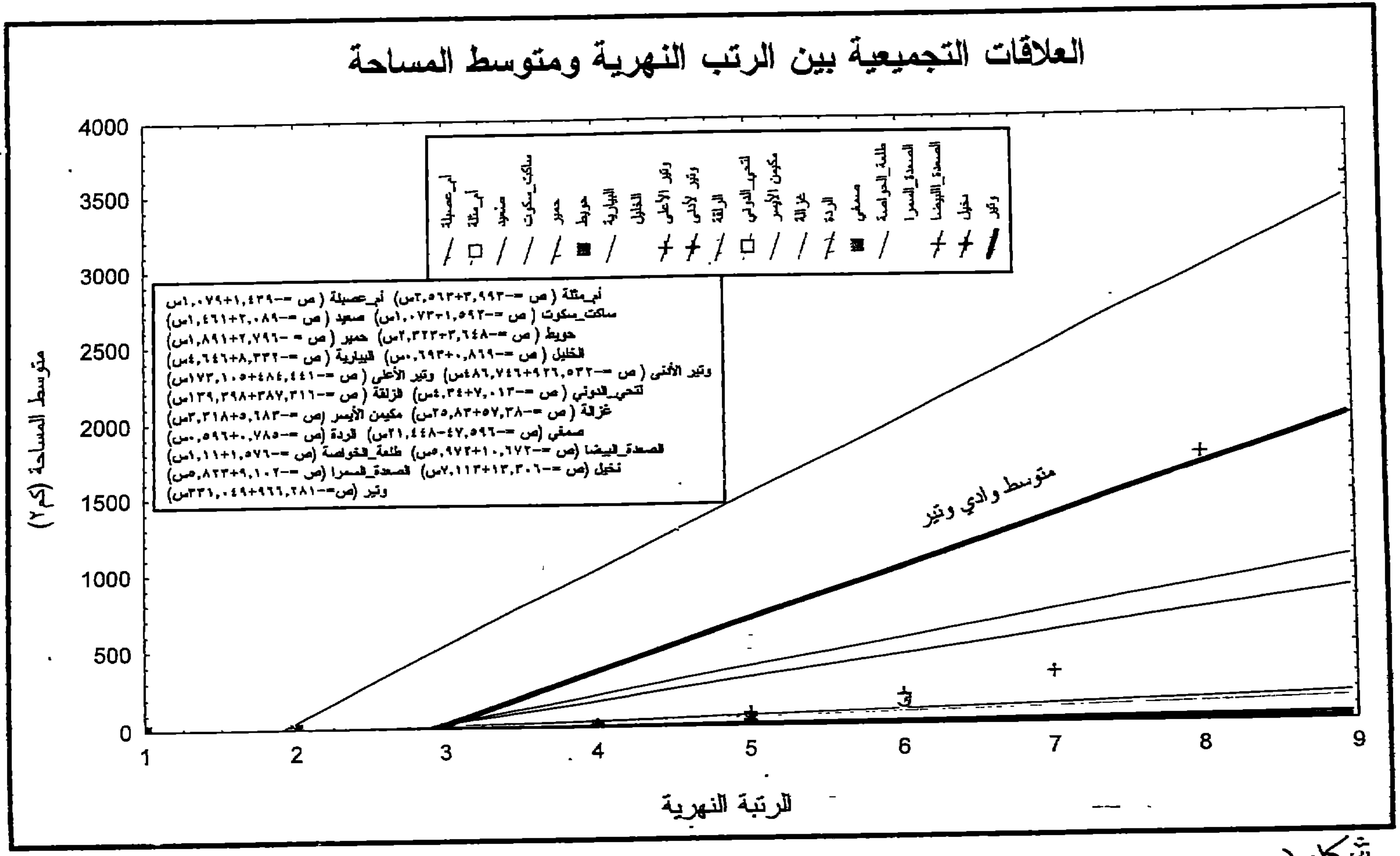
- تنطبق قاعدة زيادة متوسط المساحة بزيادة الرتب النهرية على مستوى أحواض الروافد ايضا حيث بلغ معامل الارتباط بين ٠,٧٢ ، ٠,٨٨ ، كما بلغ معامل التحديد R^2 بين ٠,٩٤ ، ٠,٩٩ وهو ما يؤكد أن معظم اختلافات Y (متوسط المساحة) ناتجة عن اختلاف الرتبة النهرية وليس لعامل الصدفة أو العشوائية.
- بلغ أقصى متوسط مساحة للرتبة الأولى ٠,٠٧٥ كم٢ وسجله وادي أم عصبلة على الجانب الشرقي للمجرى الرئيسي بينما بلغ اقل متوسط لذات الرتبة ٠,٠٢٧كم٢ وسجله وادي الصعدة السمرا ، ومن المعروف أن هذا الوادي يسير فى معظمه فوق تكوينات نارية ، وقد بلغ معامل الاختلاف ٢٤٪ مما يشير إلى عدم التباين فى متوسط مساحات الرتبة الأولى .
- بلغ معامل الاختلاف للرتبة الثانية ٢١٪ ، ويرتفع معامل الاختلاف فى الرتب الأعلى حيث يصل إلى ٤١٪ ، ٦٤٪ ، ٦٦٪ ، ١٨٪ ، ٢٦ ، ٢٢ ٪ للرتب من الثالثة وحتى الثامنة على التوالي ، ويرجع التفاوت فى متوسط مساحات المجارى داخل الرتبة الواحدة إلى اختلاف الظروف الليثولوجية والبنيوية والمناخية التى تحكمت فى تكوينه .
- وبدراسة أعمده المدى لمتوسط مساحات الرتب النهرية على مستوى أحواض الروافد شكل (٢-٦) والتى تهدف إلى توضيح الاختلاف النسبي فى الخصائص الإحصائية (أعلى مساحة للرتب - اقل مساحة للرتب - الانحراف المعياري) للرتب النهرية على مستوى كل حوض من أحواض الروافد .
- يتضح من الشكل ان أحواض الزلقة ووتير الأعلى تمثل أعلى القيم وذلك لكونها اكبر الأحواض مساحة وبالتالي فمن المتوقع ان تتمثل بها أعلى الرتب النهرية .
- يقع الانحراف المعياري لقيم متوسطات مساحة الأحواض لمعظم الأودية أسفل الحد الأدنى للرتب مما يشير إلى أن معظم الرتب تجنح إلى تشكيل المساحات المحدودة (تراب ، ١٩٨٨ ، ص ٦٣) ، ويستثنى من ذلك بعض الأودية مثل وادي الشبيحة ووادي سرطبة ووادي سعدي ، ويلاحظ أن أغلب الأودية التى تشكل أحواضاً كبيرة المساحة تتركز فى المناطق الجيرية الهشة ، بعكس



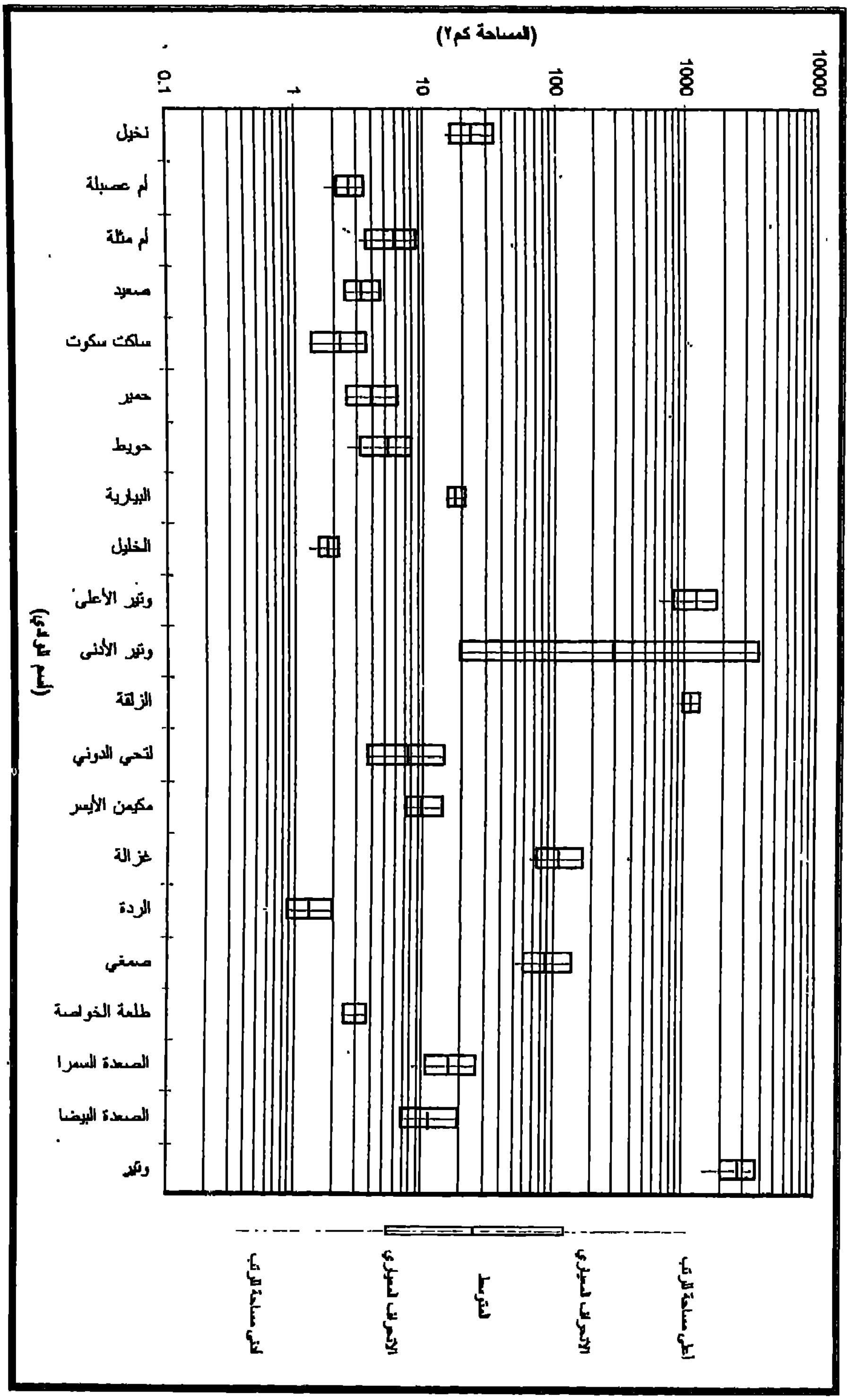
شكل (٢-٥-أ)
العلاقة بين متوسط مساحة الروافد والرتبة النهرية



شكل (٢-٥-ب) العلاقة بين متوسط مساحة الروافد والرتبة النهرية


العلاقات التجميعية بين الرتب النهرية ومتوسط المساحة
متوسط المساحة (كم٢)
4000
3500
3000
2500
2000
1500
1000
500
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
الرتبة النهرية
أم_عصيلة
أم_مثلة
صعيد
ساكت_سكوت
حمير
حويط
البيارية
الخليل
وتير الأعلى
وتير الأدنى
الزلقة
لتحي_الدوني
مكيمن الأيسر
غزالة
الردة
صمغي
طلعة_الخواصة
الصعدة_السمرا
الصعدة_البيضا
نخيل
وتير
أم_مثلة (ص =–٣,٩٩٣+٢,٥٦٣س) أم_عصيلة (ص =–١,٤٣٩+١,٠٧٩س
ساكت_سكوت (ص =–١,٥٩٢+١,٠٧٣س) صعيد (ص =–٢,٠٨٩+١,٤٦١س)
حويط (ص =–٣,٦٤٨+٢,٣٢٢س) حمير (ص = –٢,٧٩٦+١,٨٩١س)
الخليل (ص =–٠,٨٦٩+٠,٦٩٣س) البيارية (ص =–٨,٣٣٢+٤,٦٤٦س)
وتير الأدنى (ص =–٩٢٦,٥٣٢+٤٨٦,٧٤٦س) وتير الأعلى (ص =–٤٨٤,٤٤١+١٧٣,١٠٥س)
لتحي_الدوني (ص =–٧,٠١٣+٤,٣٤س) الزلقة (ص =–٣٨٧,٣١٦+١٣٩,٢٩٨س)
غزالة (ص =–٥٧,٣٨+٢٥,٨٣س) مكيمن الأيسر (ص =–٥,٦٨٣+٣,٢١٨س)
صمغي (ص =–٤٧,٥٩٦–٢١,٤٤٨س) الردة (ص =–٠,٧٨٥+٠,٥٩٦س)
الصعدة_البيضا (ص =–١٠,٦٧٢+٠,٩٧٢س) طلعة_الخواصة (ص =–١,٥٧٦+١,١١س)
نخيل (ص =–١٣,٣٠٦+٧,١١٣س) الصعدة_السمرا (ص =–٩,١٠٢+٠,٨٢٣س)
وتير (ص=–٩٦٦,٢٨١+٣٣١,٠٤٩س)
متوسط وادي وتير

شكل (٢-٥-جـ)



شكل (٣-٦)

أعمدة المدى لمساحات الأحواض للرتب النهرية

الأودية التى تشكلت فى مناطق الصخور النارية والتى تشكل مجارى نهرية ذات مساحات محـــدودة وذلك على مستوى كل الرتب النهرية .

- يشير صغر مدى الانحراف المعياري لوادي وتير إلى أن هناك تناســقاً بيــن متوسـطات مساحات الرتب النهرية بصوره عامة وأن التغير فى متوسطات مساحات الأحواض بزيادة رتبتـــها النهرية يسير بصورة منطقية ووفقاً لما قدره أغلب الباحثين .
- يدل اتساع المدى بين متوسط مساحة الرتب الأقل ومتوسط مساحة الرتـــب الأعلـى فـي حوض وتير الأدنى إلى قلة مساحة الرتبة الأولى في مجرى الوادي الرئيسي لجريانه فوق الصخـور النارية الصلبة التى تعمل على قلة أعداد مجاري الرتبة الأولى ، أما ارتفاع الحد الأقصـــى فـيرجع إلى أن هذا الوادي يصل إلى الرتبة التاسعة التي تمثل مساحتها مساحة حوض التصريـــف بأكملـه ولذلك أتسع المدى بين الرتبتين الأولى والتاسعة .

بدراسة العلاقة بين إجمالي مساحات الأحواض طبقا لرتبها النهريـــة يتضـح أن إجمـالي مساحة الرتبة الأولى على مستوى الوادي ككل قد بلغت نحو ١٩٦٢ كم٢ بنسبة ٥٤٪ من إجمــالي مساحة الحوض ، بينما تستأثر الرتبة الثانية بنحو ٧١٪ من إجمالي مساحة الحوض وينبغي الإشــارة إلى ان الرتبة الثانية تشمل مجارى الرتبة الأولى التى تكونها وكذلك التى تصب فيها مباشرة وبنـــاء على ذلك فان نسبة ال ٧١٪ السابقة تشمل معظم مساحات مجارى الرتبة الأولى ، أما الجزء البــاقي من مجارى الرتبة الأولى فانه يصب فى رتب أعلى من الثانية وبالتالي فلا يصح ضمه إلى إجمــالي مساحات الرتبة الثانية ، وبناء على ذلك فانه يمكن القول بأنه لا توجد علاقة مباشرة بيــن إجمــالي مساحات الأحواض والرتبة النهرية ، وهذا ما أكدته دراسة(صالح ، ١٩٨٥ ، ص ٥١-٥٢) .

- بلغ إجمالي مساحة الرتبة التاسعة نحو ٩٩٪ من إجمالي مساحة الحوض ككل وقد كان مــن المفترض أن تمثل الرتبة التاسعة ١٠٠٪ لأنها أعلى رتبة للوادي ولكن يرجع وجــود هــذا الفــرق -١٪- إلى أن هناك بعض المساحات داخل الحوض ذات تصريف داخلي وبالتالي يصعب ضمـــها لأي من أحواض التصريف أما بالنسبة للمراوح الفيضية فيمكــن اعتبارهــا جــزءاً مــن حــوض التصريف حيث أن أية كمية من الأمطار تسقط عليها سوف تتجه لأحد أودية الحوض وبالتالي فــلا يصح استبعادها من المساحة الإجمالية .

ثانيا : أبعاد حوض التصريف

أ-الطول Length

يعد طول حوض التصريف أحد الأبعاد الرئيسية التى يتم قياسها بهدف حساب بعض المعاملات المورفومترية الأخرى لدراسة أشكال هذه الأحواض أو لإيضاح خصائصه التضاريسية (جودة ، وعاشور ، ١٩٩١ ، ص ص ٢٩٠-٢٩١)

وتوجد طرق عدة لقياس طول حوض التصريف وقد حددها تشورلي كما يلي :-

١ - قياس طول المجرى الرئيسي للحوض ويطلق على هذا المتغير اسم طول الشبكة Lengthmesh

٢ - تحديد نقطة تقع على المجرى الرئيسي وفى نفس الوقت تقع على الخط المنصف لمساحة الحوض ، والمسافة المحصورة بين نقطة المصب ونقطة التنصيف تمثل نصف طول الحوض ويمكن صياغة هذه العلاقة فى المعادلة الآتية :

$$L = 2 X lca$$

حيث

L تمثل طول الحوض

lca تمثل المسافة المحصورة بين نقطة المصب والنقطة المصنفة لمساحة الحوض على طول المجرى الرئيسي ، ولكن يعيب هذه الطريقة صعوبة قياسها ، كما إنها تستهلك كثيرا من الوقت (Gregory , & Walling, 1973 , P. 56) ، على الرغم من دقتها فى حال دقة القياس .

٣ - تحديد طول الحوض عن طريق قياس أقصى طول بين نقطة المصب وأبعد نقطة تقع على محيط الحوض ، وتعد هذه الطريقة على درجة من الأهمية فى تحديد شكل الحوض (Chorley, 1969, P.38) .

وقد اتبع الطالب الطريقة الأخيرة التى تتمثل فى قياس طول الخط الواصل بين نقطة المصب وأبعد نقطة على محيط الحوض ليمثل بذلك أقصى طول لحوض التصريف .

وقد بلغ أقصى طول لحوض وادي وتير نحو ٧٧ كم قياساً من نقطة المصب وحتى أبعد نقطة على محيطه والتى تقع على خط عرض (٣٢ً ٥٦ً ٢٨) وخط طول (٤٥ً ٥٣ ٣٣) حيث منابع الوادي العليا .

وبدراسة جدول (٢-١) يتضح ما يلي :-

- بلغ متوسط جملة أطوال أحواض التصريف ١٤,٣ كم ، وتتباين أطوال أحواض التصريف بين ٦٣ كم (وادي الزلقة) واقل من ٣ كم (مثل وادي طلعة الخواصة ٢,٥ كم)

ووادي أم عصبلة ٢.٧ كم) ، وبلغ الانحراف المعياري ١٦ بينما بلغ معامل الإختلاف ١١٢ ٪ مما يدل على تشتت البيانات بصورة كبيرة وعدم تجانسها ، وربما يرجع ذلك إلى ظروف تكوين هذه الأودية والضوابط التى تحكمت فى هذه النشأة وخاصة اختلاف التكوينات الجيولوجية والظروف البنيوية بين واد وآخر مما أدي إلى تكوين أودية كبيرة ومتسعة بينما تكونت أودية صغيرة قليلة الامتداد فوق التكوينات الجيولوجية الصلدة . ويمكن تقسيم أحواض التصريف بحسب أطوالها إلى ما يلي :-

١- الفئة الأولي وتشمل الأحواض التى يقل طول كل منها عن ٥ كم وقد بلغ عدد هذه الأودية ٦ أودية بنسبة ٣٠ ٪ من إجمالي أعداد أحواض التصريف وتضم هذه الفئة الكثير من الأحواض الصغيرة مثل (صعيد ، ساكت سكوت – الخليل – أم عصبلة – الردة – طلعة الخواصة) وقد بلغ متوسط أطوال أحواض هذه الفئة نحو ٣,٢ كم ، وتتركز أغلب هذه الأحواض فى مناطق الصخور النارية حيث لا تستطيع هذه الأودية تكوين أحواض ذات امتداد كبير نتيجة لصعوبة نحت هذه الصخور ، وجدير بالذكر أن معظم هذه الأودية تسير فى مناطق صدعيه ساعدت على تكوين هذه الأودية .

٢- أما الفئة الثانية وتضم أحواض التصريف ذات الأطوال ما بين ٥-١٠ كم وهى ٦ أحواض هى (أم مثله – حمير – حويط – البيارية – لتحي الدوني – مكيمن الأيسر) وقد بلغ متوسط أطوال أحواض تصريف هذه الفئة نحو ٧,٦ كم .

٣ – وتشمل الفئة الثالثة أحواض التصريف التى يبلغ أطوالها من ١٠-٣٠ كم وتضم نحو ٦ أودية بنسبة ٣٠ ٪ من إجمالي أعداد أحواض التصريف وتشمل أودية (نخيل – وتير الأدنى – غزالة – صمغي – الصعدة السمرا – الصعدة البيضا) ويلاحظ أن معظم هذه الأودية ذات مساحات كبيرة نسبياً وبالتالي فقد انعكس ذلك على متوسط أطوالها .

٤ – أما الفئة الرابعة والأخيرة فتشمل الأحواض التى يزيد طولها عن ٣٠ كم وتشمل حوضين فقط هما (وتير الأعلى والزلقة) ، وهذان الحوضان يعدان الرافدان الرئيسيان لوادي وتير وخاصة وادي الزلقة والذي يبلغ طول ٦٣كم أي انه يقترب من طول الوادي الرئيسي الذي يبلغ ٧٧ كم ، ويبلغ متوسط أطوال أحواض هذه الفئة نحو ٥٦ كم .

ويجب الإشارة إلى أن تباين أطوال أحواض التصريف يعزى لمجموعة من العوامل تؤثر فى شكل الحوض بصفة عامة وفى طوله بصفة خاصة وسوف يتم دراسة العوامل التى تؤثر فى متغيرات أحواض التصريف فى الصفحات التالية ، وكذلك سيؤجل الحديث عن العلاقات بين

متغيرات حوض التصريف حتى يتم دراسة التحليل العاملي والتحليل العنقودي لمتغيرات أحـــواض التصريف .

ب - العرض Width

توجد طرق عده لإيجاد عرض الحوض منها :-

١ - أخذ عدد من القياسات تمثل الحوض وعلى مسافات متساوية ثم إيجـــاد متوســط هــذه القراءات ويمثل الناتج متوسط عرض الحوض .

٢ - إيجاد عرض الحوض مباشرة عن طريق قسمة مساحة الحوض على أقصـــى طــول للحوض نفسه .

٣ - إيجاد أقصى عرض للحوض (جودة ، وعاشور ، ١٩٩١ ، ص ٢٩٣) ، وقد اتبعــت هذه الدراسة الطريقة الأخيرة ، وذلك حتى تتفق عند مقارنتها بأقصى طول للحوض ولإيجاد النســبة بينها .

ومن خلال جدول (٢-١) والذي يوضح أهم أبعاد الأحواض يتضح ما يلي :-

- يبلغ أقصى عرض لحوض وادي وتير نحو ١٠٨ كم . بينما يبلغ أقص طول للوادي نحـــو ٧٧ كم أي أن عرضه يفوق طوله بمقدار ٣٠ كم ، وهذا يخالف معظم أحواض التصريــف والتــى تتميز غالبا بزيادة طولها عن عرضها ، ويرجع السبب فى ذلك إلى اتساع الأودية التى تصب علــى جانبي الوادي وكبر مساحاتها وخاصة وادي الزلقة ، مما أدى بدوره إلى زيادة عـــرض الحــوض عن طوله واتخاذه شكلاً مستعرضاً وليس شكلاً طولياً ، ومن المعروف أن الأوديـــــة التـــى تتمــيز بزيادة طولها مقارنة بعرضها تتميز بوصول المياه إلى المجرى الرئيســي فــى أوقــات مختلفــة ، وبالتالي يستمر الجريان لمدة أطول مع انخفاض قمة الفيضان ، أما الأحواض العريضة نسبيا (مثــل وادي وتير) فان المياه تصل إلى المجرى الرئيسي فى وقت واحد تقريباً مما يؤدى إلى زيادة قمـــة الفيضان على حساب فترة الجريان والتى تتركز فى فترة زمنية محدودة ويعمل ذلك بـــدوره علــى زيادة حجم وكمية الرواسب التى يحملها النهر، (الشيخ ، ١٩٩٥ ، ص٦٦)

- بلغ أقصى عرض فى أحواض الروافد نحو ٤٤ كم ويمثله وادي وتير الأعلى ، بينمـــا بلــغ أقل عرض نحو ١ كم ويمثله وادي الخليل وبعض الأودية الصغيرة الأخرى ، وقـــد بلــغ متوســط عرض أحواض الروافد نحو ٧,٤ كم ، وقد بلغ معامل الاختلاف نحو ١٥٧٪ مما يوضح التفـــاوت الكبير بين القيم

ويمكن تقسيم أحواض الروافد بناء على عرضها إلى عدة فئات هى :-

١- الفئة الأولي تضم الأودية التى يقل عرضها عن ٢ كم وتضم نحو خمسة أودية هى أودية (صغيد - ساكت سكوت - حمير - الخليل - الردة وغيرها) ومرة أخرى نلاحظ ان معظم هذه الأودية تجرى فوق الصخور النارية التى يصعب نحتها ، وقد بلغ متوسط العرض لهذه الفئة نحو ١,٣ كم ، ويلاحظ أيضا أن معظم هذه الأحواض قد ظهر فى *الفئة الأولى* من حيث الطول وكان طولها أقل من ٥ كم ومن الممكن أن نطلق على هذه الأودية ، **الأودية القزمية** نظراً لصغر جميع أبعادها المورفومترية .

٢- وتضم الفئة الثانية الأحواض التى يتراوح عرضها من ٢-٤ كم وتشمل ستة أودية تمثل نحو ٣٠٪ من إجمالي أعداد الأحواض وتضم هذه الفئة أحواض (أم مثله - حويط - لتحي الدوني - طلعة الخواصة - الصعدة السمرا - الصعدة البيضا)

٣- بينما تشمل الفئة الثالثة أحواض التصريف التى يتراوح أقصى عرض لها من ٤-٨ كم وتضم نحو ٣ اودية ويبلغ متوسط عرض هذه الفئة ٤,٣ كم وتشمل أودية (نخيل - البيارية - مكيمن الأيسر)

٤- أما الفئة الرابعة والأخيرة فتشمل الأودية التى يزيد أقصى عرض لها عن ٨ كم وتضم خمسة أحواض ويبلغ متوسط العرض لهذه الفئة نحو ٢٢ كم ، وتضم هذه الفئة الروافد الرئيسية لحوض وادي وتير وهى (وتير الأعلى - وتير الأدنى - الزلقة - غزالة - ضمغي) ، وكما سبق وأشرنا فإن هذه الأودية استطاعت ان تكون مساحات كبيرة نظراً لظروف الموضع الذى تكونت فيه والذي يتألف بصورة رئيسية من صخور رسوبية وخاصة واديي الزلقة ووتير الأعلى .

ج - المحيط **Perimeter**

لا يعبر محيط حوض التصريف عن أي دلالة جيومورفولوجية ولكن يصبح ذو أهمية كبيرة عندما يستخدم لاستخراج بعض المعاملات الأخرى ذات الدلالة مثل معامل الاستدارة لمعرفة الظروف الجيومورفولوجية والهيدرولوجية لحوض التصريف .

ويقصد بمحيط حوض التصريف طول خط تقسيم المياه المحيط بالحوض [1]

وقد بلغ محيط حوض وادي وتير نحو ٣٧٠ كم ، بينما بلغ أقصى محيط لأحواض الروافد نحو ٢٢٧ كم ويمثله حوض وادي وتير الأعلى ، بينما بلغ اقل محيط نحو ٧ كم ، وقد بلغ متوسط

---

[1] تم قياس جميع أبعاد حوض التصريف (المساحة - الطول - العرض - المحيط) باستخدام برنامجي Arcinfo & AutoCAD R14

محيط أحواض الروافد نحو ٤٧ كم وبلغ معامل الاختلاف ١٣٣ ٪ مما يدل على التفاوت الشديد بين الفيم المذكورة ، جدول (٢-١) .

ويزيد نحو خمسة أودية عن المتوسط العام وأهمها أودية (وتير الأعلى - وتير الأدنى - الزلقة - غزالة - صمغي) بينما تقل بقية الأودية وعددها ١٥ واديا عن المتوسط ، ومن الممكن تقسيم أحواض الروافد حسب محيطها إلى ما يلي :-

١- الفئة الأولي وتضم الأحواض التى يقل محيطها عن ١٥ كم وتضم سبعة أودية هى (أم عصبلة - صعيد - ساكت سكوت - حمير - الخليل - الردة - طلعة الخواصة) ، ويصل منوسط طول محيط هذه الفئة نحو ٩،٤ كم ، ومرة أخرى نجد ان هذه الأودية قد ظهرت فى الفئة الأولى من حيث العرض والطول والمساحة وتمثل الأودية الصغيرة فى مناطق الصخور الصلدة فى الجرء الأدنى من حوض وادي وتير وهى الأودية التى أطلقنا عليها اسم **الأودية القزمية** نظراً لصغر جميع أبعادها المورفومترية .

٢- وتضم الفئة الثانية أحواض الروافد التى يتراوح طول محيطها من ١٥-٣٠ كم وتضم خمسة أودية هى (أم مثلة - حويط - البيارية - لتحي الدوني - مكيمن الأيسر) بمتوسط ١٩،٦ .

٣- أما الفئة الثالثة فتضم الأودية التى يتراوح طول محيطها من ٣٠-٤٥ كم وتضم هذه الفئة ثلاثة أودية ويصل متوسط أطوال محيطات هذه الأودية نحو ٣٣ كم وتضم أودية (نخيل - الصعدة السمرا - الصعدة البيضا)

٤- أما الفئة الرابعة والأخيرة فإنها تضم أحواض الروافد التى يزيد أطوال محيط كل منها عن ٤٥ كم وتضم هذه الفئة نحو خمسة أودية بنسبة ٢٥ ٪ من إجمالي أحواض الروافد ويصل متوسط أطوال محيطات هذه الفئة الى ١٣٥،٧ كم وتضم هذه الفئة (كما الحال فى اغلب الأبعاد المورفومترية السابقة) الأودية الرئيسية التى ترفد وادي وتير وأهمها أودية (وتير الأعلى - وتير الأدنى- الزلقة - غزالة - صمغي)

ويلاحظ زيادة عدد أودية هذه الفئة ويرجع ذلك الى أن بعض الأودية لها امتداد طولي كبير وبالتالي يزيد طول محيطها مقارنة بعرضها ومن أمثلة ذلك أودية صمغي وغزالة .

ثالثا : شكل الحوض Basin Shape

نوجد معاملات كثيرة ومتعددة لقياس شكل الحوض ولكننا سنكتفي بستة منها فقط ، وتهدف هذه المعاملات جميعها إلى معرفة اقتراب او ابتعاد شكل الحوض من أحد الأشكال الهندسية المعروفة مثل الدائرة والمستطيل ، ولكن ليس هذا هو الهدف النهائي لهذه المعاملات ، إذ تهدف

هذه المعاملات فى المقام الأول إلى إبراز أثر العمليات الجيومورفولوجية فى اتخاذ حوض التصريف شكلاً بعينه وعدم اتخاذه شكلاً أخر ، أي أننا نحاول الربط بين الظروف الجيولوجية والمناخية والتضاريسية داخل الحوض من جهة ومدى تناسق واتساق ذات الحوض مع أحد الأشكال الهندسية من جهة أخرى وقد ذكر (Gregory ,& Walling , 1973 , P. 51) أن أهم عامل يؤثر على شكل الحوض هو العامل الجيولوجي شاملاً نوع الصخر وبنيته ، ويحدد شكل الحوض ما يعرف باسم الكفاءة الكامنة للحوض Potential Efficiency ، كما أن شكل الحوض يؤثر على الجريان السطحي وقمة الفيضان كما سنرى لاحقاً .

أ - نسبة الاستطالة **Elongation Ratio**

ويقارن هذا المعامل بين شكل حوض التصريف وشكل المستطيل ويعد هذا المقياس من أدق المعاملات المورفومترية فى قياس أشكال أحواض التصريف (Morisawa, 1958, P. 589) ويتم قياس هذا المعامل من خلال العلاقة التالية :

نسبة الاستطالة = قطر دائرة مساوية لمساحة الحوض(كم) ÷ طول الحوض

أو

$$E = \frac{2\sqrt{A/\pi}}{L}$$

حيث

E = نسبة الاستطالة

A = مساحة حوض التصريف

π = ٢٢÷٧

L = طول الحوض

وتتراوح قيم هذه النسبة بين صفر ، ١ ، فكلما انخفضت قيمة النسبة دل ذلك على اقتراب شكل الحوض من الشكل المستطيل حيث ينخفض بسط العلاقة وهو قطر الدائرة بالنسبة لمقام العلاقة وهو الطول ، وكلما ارتفعت قيمة هذا المعدل من الواحد الصحيح دل ذلك على ابتعاد شكل الحوض عن الشكل المستطيل واقترابه من الشكل الدائري (تراب ، ١٩٨٨ ، ص٧١) .

وقد بلغت نسبة الاستطالة لوادي وتير ٠,٨٧ جدول (٢-٤) أي أن الحوض يبتعد عن الشكل المستطيل ، ولا نستطيع أن نجزم باقترابه من الشكل الدائري حتى يتم دراسة لنسبة الاستدارة

جدول (٢-٤) المعاملات المورفومترية لأشكال أحواض الروافد

أسم الوادي	نسبة الاستطالة	النسبة الاستدارة	معامل الشكل	معامل الاندماج	معامل الإ[illegible]	الطول / العرض
وتير الأعلى	٠,٩٧	٠,٤٣	٠,٧٤	١,٥٣	٠,٣٤	١,١١
الزلقة	٠,٦٣	٠,٤٠	٠,٣٢	١,٥٩	٠,٧٩	١,٧٦
نخيل	٠,٥٦	٠,٤٠	٠,٢٤	١,٥٧	١,٠٢	٢,٥٥
أم عصبلة	٠,٧٦	٠,٥٥	٠,٤٥	١,٣٥	٠,٥٥	١,٣٧
أم مثلة	٠,٥٠	٠,٤٥	٠,١٩	١,٥	١,٢٩	٢,٥٨
صعيد	٠,٥٦	٠,٥٢	٠,٢٥	١,٣٩	١,٠١	٢,٦٣
ساكت سكوت	٠,٦٢	٠,٦١	٠,٣٠	١,٢٨	٠,٨٣	١,٨٨
حمير	٠,٤٨	٠,٣٤	٠,١٨	١,٧٢	١,٣٩	٣,٨٥
حويط	٠,٣٣	٠,٤١	٠,٠٩	١,٥٧	٢,٩١	٣,٩٥
البيارية	٠,٦١	٠,٤١	٠,٣٠	١,٥٦	٠,٨٥	١,٩٨
الخليل	٠,٤٩	٠,٤٥	٠,١٩	١,٥٠	١,٣٢	٢,٩٧
لتحي الدوني	٠,٤٥	٠,٣١	٠,١٦	١,٨٠	١,٥٤	٤,١١
مكيمن الأيسر	٠,٦٩	٠,٥٣	٠,٣٧	١,٣٨	٠,٦٨	١,٥
غزالة	٠,٥٩	٠,٣٥	٠,٢٧	١,٦٨	٠,٩٢	٢,٣
الردة	٠,٥٣	٠,٤٥	٠,٢٢	١,٤٩	١,١٢	٢,٧٢
صمغي	٠,٦٠	٠,٤١	٠,٢٩	١,٥٧	٠.٨٧	٢,٢١
طلعة الحواصة	٠,٨٤	٠,٦٢	٠,٥٦	١,٢٧	٠,٤٥	١,٠١
الصعدة السمرا	٠,٣٩	٠,٢٢	٠,١٢	٢,١٢	٢,١٢	٤,٣٨
الصعدة البيضا	٠,٤١	٠,٢٥	٠,١٣	٢	١,٨٨	٤,٥٤
وتبر الأدنى	٠,٤٣	٠,٠٨	٠,١٤	٣,٤٤	١,٧٦	٢,٤٩
وادي وتير	٠,٨٧	٠,٣٣	٠,١٦٨	١,٧٤	[illegible]	[illegible]
متوسط أحواض الروافد	٠,٥٧	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
الانحراف المعياري	٠,١٦	٠,١٣	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
معامل الاختلاف	٢٧,٤	٣١,٧٥	٥٧,٧٤	٢٨,٣٣	[illegible]	[illegible]

ويرى (Strahler, 1964, Pp. 4-15) أن الأحواض التى تتراوح نسبة استطالتها بين ٠,٦ ، ١ هى أحواض تتميز بالتباين الكبير فى تكويناتها الجيولوجية واختلاف الظروف المناخية فوق أجزائها فى حين ان الأحواض التى تقل نسبة استطالتها عن ٠,٦ هى أحواض شديدة التضرس .

وقد اتضح من دراسة (سلامة ، ١٩٨٢،ص ٦-٧) ان الصخور الجرانيتية تميل إلى تكوين أحواض تصريف اكثر استطالة من أحواض التصريف التى تنشأ فوق الأنواع الأخرى من الصخور، ويرجع ذلك إلى تفاوت مقاومة الصخور لعمليات التجوية والنحت المائي ، فالصخور الجرانيتية التى تعد اقدم أنواع الصخور وأكثرها صلابة تقاوم عمليات التعرية المائية مما يؤدى إلى تكوين أحواض شبه مستطيلة يساعدها على ذلك انتشار الصدوع بها .

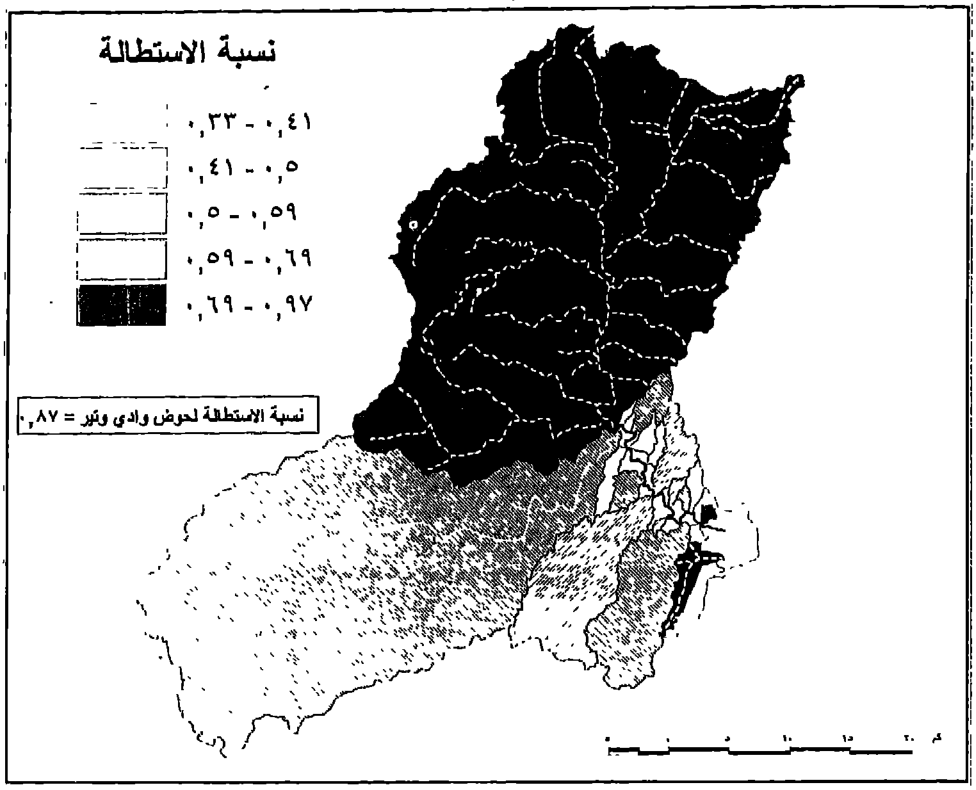
وبدراسة نسبة الاستطالة على مستوى أحواض الروافد جدول (٢-٤) شكل (٢-٧) اتضح ما يلي :-

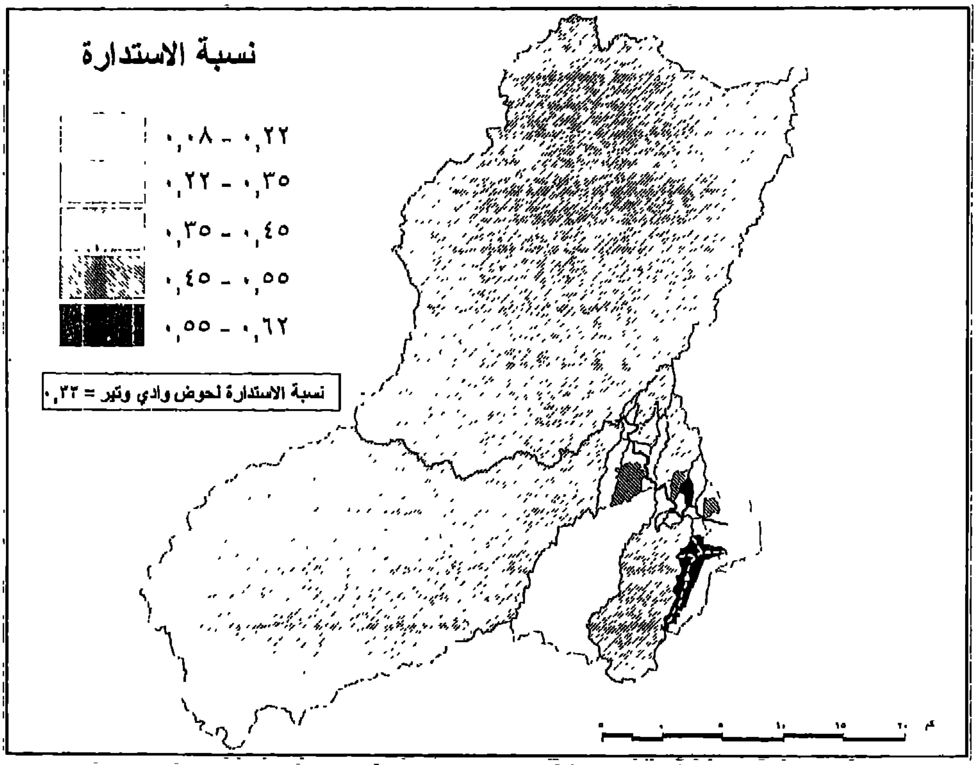
- بلغ متوسط نسبة الاستطالة ٠,٥٧ وبلغ الانحراف المعياري ٠,١٦ ولم يتعد معامل الاختلاف ٢٧ ٪ مما يدل تجانس نسبة الاستطالة لأحواض الروافد ، حيث سجل وتير الأعلى أعلى قيمة وهى ٠,٩٧ مما يدل على ابتعاده عن الشكل المستطيل كما أشرنا من قبل ، وبلغت اقل قيمة لوادي الصعدة السمرا حيث بلغت نسبة استطالته ٠,٣٨ ، وبالفعل يأخذ الوادي شكلا اقرب للمستطيل من الدائرة .
- لاحظ الطالب ميل الأودية التى تجرى فوق الصخور النارية إلى الاستطالة حيث بلغ متوسط نسبة استطالتها نحو ٠,٤٤ بينما بلغ متوسط نسبة استطالة الأودية التى تجرى فوق الصخور الجيرية نحو ٠,٦٩ وهذا يؤكد تأثير نوع الصخر على نسبة الاستطالة .
- اتضح أن أحواض الروافد الرئيسية الثلاثة (الزلقة - وتير الأعلى - غزالة) تزداد قيم نسبة استطالتها عن ٠,٦ مما يدل على ابتعادها من الشكل المستطيل ، ولا يرجع ذلك إلى كبر مساحات هذه الأودية إذ بلغت قيمة معامل الارتباط بين الاستطالة والمساحة ٠,١٩ ، وإنما يرجع ابتعاد هذه الأودية عن الشكل المستطيل لكونها تسير فوق الصخور الجيرية الأقل صلابة (وخاصة واديي وتير الأعلى والزلقة) مما جعلها تكون أحواض تصريف متناسقة من حيث الشكل .

ب - نسبة الإستدارة Circularity ratio

وتقارن هذه النسبة بين أشكال أحواض التصريف وشكل الدائرة وتستخرج هذه النسبة من العلاقة التالية :

نسبة الاستدارة = مساحة الحوض (كم٢) ÷ مساحة الدائرة لها نفس محيط الحوض (كم٢)





شكل (٢-٧)

نسبة الاستطالة والاستدارة لحوض وادي وتير وروافده

أو

$$C = 4 \pi A / P^2$$

حيث C = نسبة الاستدارة

π = ٢٢÷٧

A = مساحة الحوض (كم٢)

P = محيط الحوض (كم)

وتشير القيم المرتفعة لهذا المعامل إلى وجود أحواض مائية مستديرة الشكل بينما تعني القيم المنخفضة عدم انتظام وتعرج خطوط تقسيم المياه المحيطة بحوض التصرف وقد يؤدى ذلك إلى حدوث عمليات الأسر النهري River Capture فى المناطق المجاورة والمتداخلة بين أحواض التصريف المختلفة ، (سلامة ، ١٩٨٢ ، ص٦) ، كذلك فان اقتراب شكل الحوض من الشكل المستدير يدل على تقدم المرحلة الجيومورفولوجية التى يمر بها الوادي حيث أن الأنهار عادة ما تقوم بحفر وتعميق مجاريها ثم تبدأ بعد ذلك فى توسيعها .

وبدراسة نسبة الاستدارة لوادي وتير ورافده جدول (٢-٤) ، شكل (٢-٧) يتضح ما يلي :-

▪ بلغت نسبة الاستدارة لحوض وادي وتير ٠,٣٣ وهذا يدل على ابتعاد شكل الحوض عن الشكل المستدير نتيجة لتعرجات خط تقسيم المياه وتباين أطوال أحواض الروافد مما أدي إلى انبعاج حدود الحوض فى المناطق التى تشغلها الأودية الكبيرة مثل وادي الزلقة وغزالة .

▪ بلغ متوسط نسبة الاستدارة على مستوى أحواض الروافد ٠,٤١ ، بينما بلغ الانحراف المعياري ٠,١٣ بينما بلغ معامل الاختلاف ٣١ ٪ مما يدل على عدم التفاوت الكبير بين قيم نسبة الاستدارة لأحواض الروافد

▪ تمثلت أعلى قيم للاستدارة فى الأودية صغيرة المساحة مثل (صعيد وساكت سكوت ومكيمن الأيسر) ويرجع ذلك لوجود بعض الصدوع المتعامدة مع المحور الطولي لأحواض التصريف مما أدي لزيادة عرضها مقارنة بأطوالها وبالتالي زيادة نسبة استدارتها .

▪ تمثلت أقل قيم لنسبة الاستدارة فى الأودية التى تتميز باستطالتها مثل أودية (الصعدة السمرا والصعدة البيضا وسرطبة) وقد تحكمت الصدوع فى شكل هذه الأودية ايضا إذ تنتشر بها الصدوع موازية وشبه موازية لمحورها الطولي مما أدي لزيادة أطوالها بالنسبة لعرضها وبالتالي قلة نسبة استدارتها ، كما أن أغلب هذه الأودية يجرى فوق الصخور النارية الصلبة المقاومة لعمليات النحت المائي وبالتالي يسهل على هذه الأودية حفر مجاريها على طول الخطوط الصدعية لتأخذ شكلها المستطيل أو شبه المستطيل .

ج – معامل الشكل Form Factor

وقد اقترح (Horton , 1932) هذا المعامل الذى يعطى مؤشراً لمدى تناسق أجزاء الحوض ومدى انتظام الشكل العام له ويمكن الحصول على هذا المعامل من العلاقة التالية :-

$$F = A/L^2$$

حيث :

F = معامل الشكل

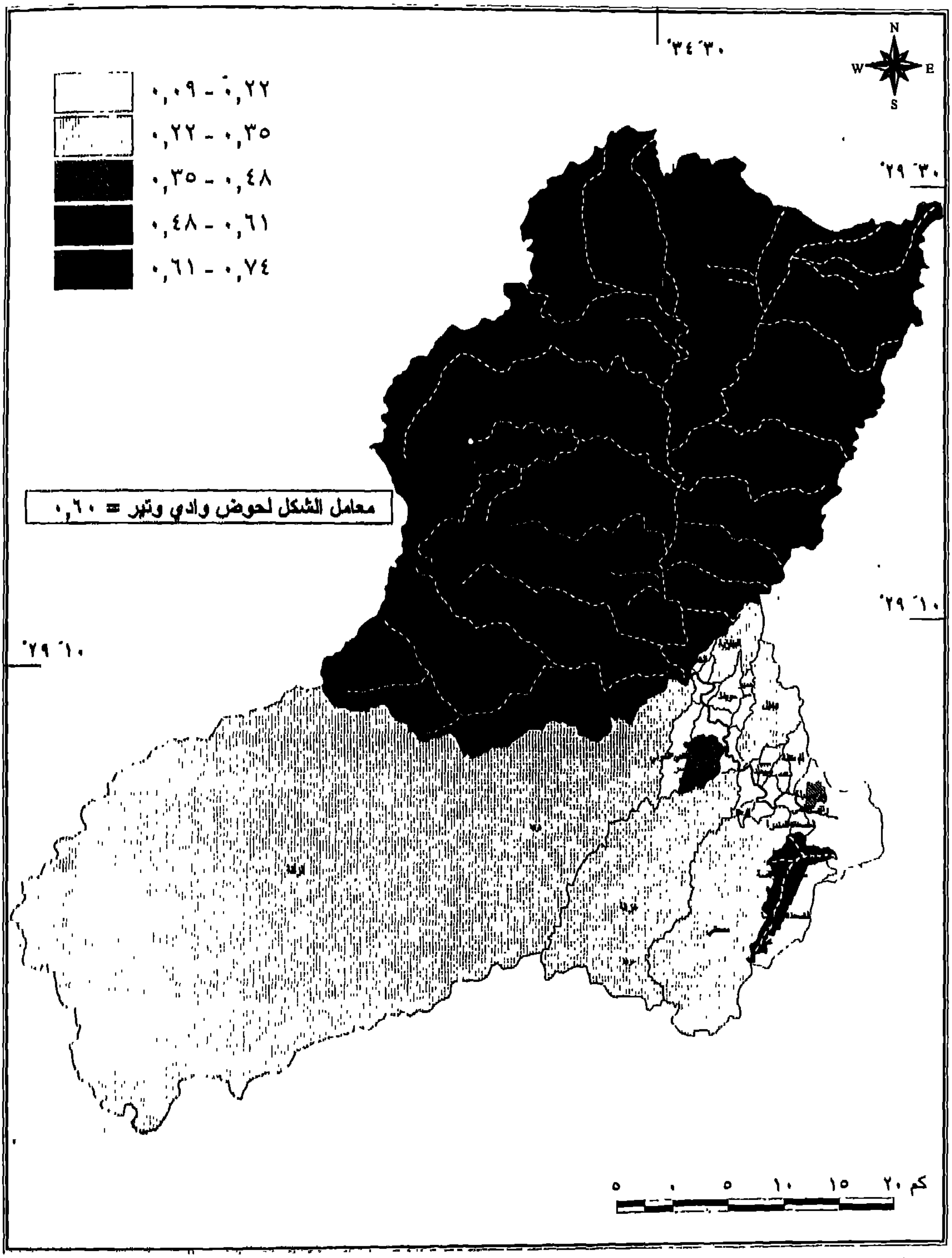
A = مساحة حوض التصريف (كم٢)

L = طول حوض التصريف (كم)

والقيم المنخفضة لهذا المعامل تشير إلى عدم تناسق شكل الحوض واتخاذه شكلاً يقارب شكل المثلث بينما تشير القيم المرتفعة لهذا المعامل إلى اقتراب شكل الحوض من الشكل المربع ، (تراب ، ١٩٨٨ ، ص ص ٧١-٧٢) .

وبدراسة معامل الشكل لحوض وادي وتير وروافده جدول (٢-٤) ، شكل (٢-٨) اتضح ما يلي :-

- بلغ معامل الشكل لحوض وادي وتير نحو ٠,٦٠ وهى قيمة مرتفعة نسبياً تشير إلى اقتراب شكل الحوض من الشكل المربع ، بينما بلغ متوسط معامل الشكل لأحواض الروافد نحو ٠,٢٥ وهى قيمة منخفضة تشير إلى أن أغلب أودية أحواض الروافد تقترب من شكل المثلث وقد بلغ معامل الاختلاف بين أحواض الروافد نحو ٥٧ ٪ مما يشير إلى التفاوت الكبير فى القيم إذ تتفاوت قيمة معامل الشكل بين ٠,٠٩ لوادي حويط ، ٠,٧٤ لوادي وتير الأعلى .
- الأحواض التى تقل قيمة معامل الشكل لها عن المتوسط العام بلغت نحو ١٢ حوضاً أهمها أحواض (نخيل – أم مثله – صعيد – حمير – الصعدة السمرا – الصعدة البيضا – لتحي الدوني وغيرها) ، ويشير شكل هذه الأودية إلى أنها عروضها تتسع عند منابعها وتضيق عند مصباتها لتقترب من شكل المثلث الذي تقع رأسه عند المصب وقاعدته عن المنبع .
- **ترتفع قيمة معامل الشكل لأحواض الروافد الرئيسية لأودية وتير الأعلى والزلقة ، حيث تبلغ** ٠,٧٤ - ٠,٣٢ على التوالي ، وهذه الأودية تتميز بتناسق شكلها حيث إنها قطعت شوطا طويلا من مرحلة التعرية النهرية إلى جانب إنها تجرى فوق صخور هشة مكنتها من الوصول إلى مرحلة من التناسق بين أطوالها وعروضها .



شكل (٢-٨)

معامل الشكل لأحواض التصريف الرئيسية

د – معامل الاندماج **Compactness Factor**

وقد أشار هورتون إلى هذا المعامل عام ١٩٣٢ ويشير هذا المعامل على مدى تجانس وتناسق شكل محيط الحوض مع مساحته ومدى انتظام وتعرج خطوط تقسيم المياه ويستخرج هذا المعامل من خلال العلاقة التالية :-

$$C = p / 2 \sqrt{\pi A}$$

حيث :

C = معامل الاندماج
P = محيط الحوض (كم)
A = مساحة الحوض (كم٢)
π = ٢٢/٧

وتدل القيم المرتفعة لهذا المعامل على ان هذه الأحواض تتميز بكبر محيطها على حساب مساحتها الكلية أي تزيد تعرجات المحيط وتقل درجة انتظام شكل الحوض ، (Ward, 1967, P. 314) ، كما أن القيم المنخفضة لهذا المعامل تشير إلى تقدم الحوض في دوره التعرية النهرية ، (جوده ، وعاشور، ١٩٩١ ، ص ٣٢٠)

ومن خلال دراسة قيم معامل الاندماج لحوض وادي وتير وأحواض الروافد ، جدول (٢-٤) ، يتضح ما يلي:-

- بلغ معدل الاندماج لحوض وادي وتير نحو ١,٧ بينما بلغ متوسط معامل الاندماج لأحواض الروافد ١,٦٦ ، وقد بلغ التباين الإحصائي بين أحواض الروافد نحو ٠,٨٤ حيث تبلغ أقصى قيمة لمعامل الاندماج نحو ٣,٤٤ ويمثلها وادي وتير الأدنى ، بينما بلغت اقل قيمة ١,٢٧ ويمثلها وادي طلعة الخواصة ، ويعنى هذا أن اغلب أحواض الروافد قد قطعت شوطا لا بأس به من مرحلة التعرية حيث تتميز أغلب الأودية بتجانسها وقلة تعاريج محيطاتها ، إلا أن الدراسة التفصيلية للأحواض تظهر تباينا في المرحلة التي قطعها كل منها .
- تراوحت قيمة معامل الاندماج لأحواض الروافد بين ١.٢٧ إلى ١,٩ باستثناء أودية وتير الأدنى والصعدة البيضا والصعدة السمرا حيث تعدى معامل الاندماج ٢ ، حيث تبلغ قيمة معامل الاندماج لهذه الأودية ٣,٤٤ ، ٢ ، ٢,١١ على التوالي وهذا يدل على ان هذه الأودية لم تقطع شوطا كبيرا من مراحل التعرية ويدل على ذلك شكلها الذي يشبه المستطيل .
- على الرغم من أن كثير من الباحثين قد استخدم هذا المعامل عند دراسة أشكال أحواض التصريف إلا أن هورتون قد أوصى بعدم استخدامه نظرا لأنه وجد واديين لهما نفس القيمة على الرغم من اختلاف وتباين شكليهما ، (Gregory & Walling, 1973, Pp.51-52) .

هـ – معامل الانبعاج Lemniscate Factor

لا تميل الأحواض عادة إلى اتخاذ الشكل الدائري ولكن اغلب الأحواض المتناسقة تأخذ شكل الكمثرى Pear – Shaped ، وبناء على ذلك وجب علينا أن نقارن بين شكل حوض التصريف والشكل الكمثري ولذلك فقد اقترح تشورلي هذا المعامل عام ١٩٥٧ (Gregory ,& Walling, 1973, p.52) ، ويحسب هذا المعامل من خلال العلاقة التالية :

$$K = L^2 / 4 A$$

حيث :

K = معامل الانبعاج

L = طول الحوض (كم)

A = مساحة حوض التصريف (كم٢)

وتشير القيم المرتفعة لهذا المعامل إلى قلة تفلطح الحوض وبالتالي قلة أعداد المجارى وأطوالها وخاصة فى رتبها الدنيا والتى تقع عادة عند مناطق تقسيم المياه ، كما يشير أيضا إلى أن الحوض لم يقطع شوطا كبيرا فى مرحلة التعرية المائية وعلى العكس فإن القيم المنخفضة تشير إلى تفلطح الحوض وانسيابيته وزيادة أعداد المجارى وأطوالها فى مجاري الرتب الدنيا وزيادة عمليات النحت الرأسي والتراجعي ، كما تشير إلى ان الحوض قطع شوطا فى مرحلة التعرية النهرية

وبدراسة قيم معامل الانبعاج لحوض وادي وتير وروافده جدول (٢-٤) يتضح ما يلي :-

▪ بلغت قيمه معامل الانبعاج لحوض وادي وتير نحو ٠,٤٢ وهى قيمة منخفضة توحي بأن الحوض قد قطع شوطا لا بأس به فى مرحلة التعرية النهرية أما بالنسبة لأحواض الروافد فقد بلغ متوسط معامل إنبعاجها نحو ١,١٨

▪ حققت أحواض الروافد الرئيسية (وتير الأعلى- الزلقة- غزالة – صمغي) اقل قيم حيث بلغت ٠,٣٤ – ٠,٥٠ – ٠,٩٢ – ٠,٨٧ على التوالي مما يشير إلى أن هذه الأودية قد حققت تقدما ملحوظا فى دورة التعرية داخل الحوض الرئيسي وسوف يتضح لنا عند دراسة شبكات التصريف ان هذه الأودية يتميز بزيادة أعداد مجارى الرتبة الأولى والثاني وزيادة أطوالها مقارنة بباقي الأودية .

▪ سجل كل من وادي الصعدة السمرا والصعدة البيضا أعلى القيم فكانا ٢.١٢ – ١,٨٨ على التوالي ، وكما سبق وأشرنا فان هذين الواديين هما أقل أودية المنطقة تطورا وما زال أمامهما فترة من الزمن حتى يحققا تقدما فى دورة التعرية النهرية ، وربما يرجع ذلك إلى بعض الضوابط الموضعية التى عملت على تأخر تطور هذه الأودية ، ومن المحتمل أن يكون نوع الصخور Lithology والبنية Structure من أهم الضوابط التى أدت لذلك .

و – نسبة الطول ÷ العرض :

ويتشابه هذا المعامل مع نسبة الاستطالة مع الاختلاف فى أن القيم المرتفعة لهذه النسبة تدل على اقتراب الحوض من الشكل المستطيل وتدل القيم المنخفضة على زيادة عرض الحوض بالنسبة لطوله بعكس معدل الاستطالة .

ويمكن حساب هذه النسبة من العلاقة التالية :

$$R/W = L \div W$$

حيث :

R/W = نسبة الطول / العرض

L = طول الحوض (كم)

W = عرض الحوض (كم)

وبدراسة قيم نسبة الطول / العرض لحوض وادي وتير وروافده جدول (٢-٤) يتضح لنا ما يلي :-

- بلغت هذه النسبة لوادي وتير نحو ٠,٧١ مما يدل على زيادة عرض الحوض بالنسبة لطوله ويرجع ذلك وجود بعض الروافد الكبيرة على جانبي المجرى الرئيسي تعمل على زيادة عرض الحوض بالنسبة لطوله ومن أهم هذه الأودية وادي الزلقة ووادي غزالة ووادي الصوانة وجميع هذه الأودية تقع غرب المجرى الرئيسي .
- كان من الطبيعي أن يسجل واديا الصعدة السمرا والصعدة البيضا أعلى القيم ٤,٣٨ -٤,٥٣ على التوالي ، وهذا يشير إلى زيادة طولهما بالنسبة لعرضهما بأكثر من أربعة أضعاف تقريبا وقد سجل نفس الواديين أقل القيم عند دراسة نسبة الاستطالة .
- جميع أحواض الروافد تعدت نسبة طولها / عرضها اكثر من الواحد الصحيح باستثناء وادي البطم – أحد روافد وادي وتير الأعلى – (٠,٨٢) ، وهذا يشير إلى أن أغلب أحواض الروافد **تزيد نسبة طولها عن عرضها مما يدل على ان هذه الأحواض ما زالت تعيش فى مرحلة متوسطة** من مراحل دوره التعرية النهرية وأن ظروف الجفاف الحالية ربما تعمل على استمرار هذه المرحلة لفترة طويلة من الزمن .

رابعا : تضرس الحوض

يتأثر الجريان السطحي بخصائص سطح الحوض فمن المعروف أن هناك علاقة طردية بين انحدار سطح الحوض وكمية الجريان السطحي ، وذلك لأن الأحواض ذات الانحدار الهين تزداد فيها فرصة ضياع المياه بسبب عمليتي التبخر والتسرب فى حين ان الأحواض ذات الانحدار الشديد تساعد على سرعة الجريان وبالتالي تقليل الفاقد من المياه بواسطة التبخر والتسرب وذلك في حالة ثبات العوامل الأخرى .

كما أن تضرس حوض التصريف يمثل المحصلة النهائية لنشاط عمليات التعرية ، كما أن دراسة تضرس حوض التصريف تلقى الضوء على المرحلة الجيومورفولوجية التى يعيشها حوض التصريف (جودة ، وعاشور ، ١٩٩١ ، ص ص ٣٢٢-٣٢٣) .

ويعتبر تضرس حوض التصريف نتاج التفاعل بين العمليات الجيومورفولوجية والخصائص الليثولوجية والبنيوية والمناخية للحوض ، وقد أشار (Schumm, 1977, P.20) إلى أن عامل التضاريس يحدد ما اسماه بقوة الجذب Gravitational Force التى تعمل على المنحدرات ومجارى الأودية ، كما يحدد تضرس الحوض الطاقة الكامنة Potential Energy للحوض ، ومن ثم فإن معدل نشاط عمليات التعرية داخل حوض التصريف يتحدد بواسطة انحدار سطح الحوض.

كما أن تضرس حوض التصريف يؤثر على حركة المياه والرواسب داخل الحوض ، وقد توصل (Schumm ,.1977,p 21-22) إلى أن هناك علاقة بين انحدار سطح الحوض ومعدلات التعرية ، بل أن قلة تضرس سطح الحوض بمرور الزمن يعمل على تقليل كميه وحجم الرواسب فى حوض التصريف

كذلك فان انحدار سطح الحوض يعمل على اختلاف سمك التربة ونوعيه وحجم المواد المكونة لها ، وما يترتب على ذلك من مقدار النفاذية Permeability ويكون معامل التباطؤ Lag-Time – ويقصد به الفترة الزمنية المحصورة بين توالد الجريان ووصوله لبدايات المجارى المحددة – يكون مرتفعا فى حالة الأحواض ذات الأسطح قليلة الانحدار والعكس صحيح حيث تؤدى الانحدارات الشديدة إلى انخفاض الفواقد وقلة زمن التباطؤ وبالتالي زيادة سرعة وحجم التصريف (صالح ، ١٩٨٩ ، ص ٣٦-٣٧) .

ولدراسة تضرس حوض التصريف وروافده فقد قام الطالب بدراسة مجموعة من المعاملات المورفومترية التى تقيس خصائص التضرس وهى كما يلي :-

أ - نسبة التضرس **Relief Ratio**

ويعد هذا المعامل من أهم المعاملات المورفومترية التى تقيس تضرس سطح الحوض وهو يشير لمدى تضرس الحوض بالنسبة لطوله ويمكن حسابه من العلاقة التالية :

$$R_h = H/L_b$$

حيث:

R_h = نسبة التضرس

H = الفرق بين أعلي منسوب وأقل منسوب داخل حوض التصريف

L_b = طول حوض التصريف

(Doornkamp & King, 1971, P. 7)

وترتفع قيمة هذا المعامل بزيادة الفرق بين أعلى نقطة واقل نقطة فى الحوض أي أنه يمكن القول بان قيمة نسبة التضرس تتناسب طردا مع درجة تضرس الحوض .

وقد بلغت نسبة التضرس فى حوض وادي وتير ٠,٠٢٠ ، جدول (٢-٥) إذ بلغ الفرق بين أعلى نقطة وأقل نقطة داخل الحوض ١٥٧٥ ، وسجل أقصى منسوب -١٥٧٥ مترا- فى أقصى غرب الحوض ، بينما كان اقل منسوب – صفر- عند مصب الوادي على خليج العقبة ، وبلغ طول الحوض ٧٧ كم ، وقد بلغت نسبة التضرس فى حوض وادي العريش ٣,٩٥ ، (صالح ، ١٩٨٥ ، ص٦٣) ، وهذا رقم كبير يثير التساؤل ، وقد اتضح انه قد تم قسمة فرق المنسوب على طول الحوض دون توحيد وحدات القياس بين طرفي المعادلة ، وقد بلغت نسبة التضرس حوض وادي بدع على خليج السويس ٠,٠١٠ مما يشير إلى قلة تضرس هذا الحوض ، (تراب ، ١٩٨٨، ص٩٣) .

وقد اتضح من الدراسة أن وادي وتير أكثر تضرسا من وادي العريش الذى بلغت فيه نسبة التضرس الحقيقية ٠,٠٠٣ ، ويعتبر هذا شيئا منطقيا إذ أن وادي العريش قد استطاع أن يقطع شوطا كبيرا فى دورة التعرية واستطاع أن يخفض من تضرسه حيث بلغ أعلى منسوب نحو ٧٠٠ متر ، بينما نجد أن وادي وتير محل الدراسة لم يقطع نفس الشوط ويدل على ذلك شدة تضرسه مقارنة بوادي العريش حيث بلغت نسبة التضرس نحو ٠,٠٢ .

وبالنسبة لأحواض الروافد فقد بلغ متوسط نسبة التضرس ٠,٠٩ ، ويتضح من ذلك ان هذه الأحواض اكثر تضرسا من وادي وتير ذاته ، وقد ارتفعت نسبة التضرس فى بعض الأودية مثل أودية (أم مثله – صعيد – ساكت سكوت – مكيمن الأيسر – طلعه الخواصة) .

جدول (٢-٥) متغيرات تضرس حوض وادي وتير وروافده

اسم الوادي	نسبة التضرس	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
وتير الأعلى	٠,٠٢٩	١,٩٣	٠,٦٢	١,٢٤	٣٥١	١,٧	٢,٩
الزلقة	٠,٠١٩	١,٧	٠,٥٨١	١,٠٨	٤٧٧	١,٠٧	١,٩
نخيل	٠,٠٣٨	٠,٤٨٧	١,٣٩	..٠,٠٧٥	٦٧	٢,١٩	٣,٨
أم عصبلة	٠,١٨٩	٠,٥٥٦	٥,٨٩٣	٠,٠٠٦	١٥	١٠,٧٢	١٨,٩
أم مثلة	٠,١١٣	٠,٨٨٢	٤,٨	٠,٠١١	٤١,٣	٦,٤	١١,٣
صعيد	٠,١٤٥	٠,٦٨٥	٥,٩٢٧	٠,٠٠٧	٢٥	٨,٣	١٤,٥
ساكت سكوت	٠,١٨٤	٠,٧٣	٧,٤	٠,٠٠٦	٢١	١٠,٤	١٨,٤
حمير	٠,٠٧٢	٠,٤٥١	٢,٨	٠,٠١٤	٣٣,١	٤,١١	٧,٢
حويط	٠,٠٣١	٠,٤٤١	١,٩	٠,٠٢٦	٧٥,٤	١,٧٧	٣,١
البيارية	٠,٠٧٩	١,٠٧	٢,٦	٠,٠٣١	٧١,٣	٤,٥	٨
الخليل	٠,٠٩٤	٠,٥٢٢	٤,١	٠,٠٠٧	٢٩,٤	٥,٣٥	٩,٤
لتحي الدوني	٠,٠٥٦	٠,٥٦١	٢,١٩	٠,٠٢٧	٥٢,٧	٣,٢٢	٥,٦٣
مكيمن الأيسر	٠,١٠٢	٠,٧٢١	٣,٤٤	٠,٠٢٢	٣٧,٤	٥,٨	١٠,٢
غزالة	٠,٠٣٢	٠,٩٥٦	١,٠٢٤	٠,٢١٣	١٥٩	١,٨٢	٣,٢
الردة	٠,١٧١	٠,٥٤٣	٦,٨٦	٠,٠٠٤	١٦,٨	٩,٧	١٧,١
صمغي	٠,٠٣٨	١,١٧	١,٢٨	٠,١٦٥	١٦٣	٢,٢١	٣,٨
طلعة الخواصة	٠,٢٥٦	٠,٦٢٧	٧,٦١	٠,٠٠٥	١٢,٩	١٤,٣٥	٢٦
الصعدة السمرا	٠,٠٦١	١,٠٣٣	٢,٤	٠,٠٢٨	٨٩,٥	٣,٥	٦,١
الصعدة البيضا	٠,٠٧٨	٠,٩٥٣	٣,٠٢	٠,٠٠٢	٦٤	٤,٤٧	٧,٨٢
وتير الأدنى	٠,٠٢٣	٠,٣٨	٠,٥٢	٠,١٤	٨٢	١,٤	٢,٤
وادي وتير	٠,٠٢	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
متوسط أحواض الروافد	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
الانحراف المعياري	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
معامل الاختلاف	٧٣,٧	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

ويلاحظ أن هذه الأودية بلا استثناء هى أودية ذات أطوال قليلة مع زيادة المدى التضاريس مما يؤدى إلى زيادة نسبة التضرس بها .

بينما سجلت نسبة التضرس اقل القيم فى أودية (غزالة – الزلقة – وتير الأعلى – وتير الأدنى – صمغي) ويلاحظ أن هذه الأودية هى اكبر أودية الحوض وتسجل أعلى القيم من حيث أطوالها ، كما إنها تسجل اكبر القيم من حيث مساحتها ، وقد استطاعت هذه الأودية ان تضبط نسب تضرسها وتقللها نتيجة للشوط الكبير التى قطعته فى دورة التعرية ، كما ان هذه الأودية قد استطاعت أن تهذب الكتل المرتفعة بها ، وبالتالي تقلل من المدى التضاريسي داخل الحوض ، كذلك فان نوع الصخر ذو تأثير كبير على قلة نسبة التضرس لهذه الأحواض .

وقد قام الطالب بدراسة العلاقة بين نسبة التضرس ومساحة الأحواض من جهة ونسبة استطالتها من جهة أخرى ، وتوقيع النتائج فى صورة معادلة خطية ، شكل (٢-٩) وقد أتضح ما يلي :

- بلغ معامل الارتباط بين نسبة التضرس والمساحة نحو ٠,٣٠ وهى علاقة ارتباطيه ضعيفة ونستطيع القول بأنه لا توجد علاقة بين نسبة التضرس والمساحة
- بلغ معامل الارتباط بين نسبة التضرس ونسبة الاستطالة نحو ٠,٣٤ أي أنه ليس شرطا ان الأودية ذات نسب الاستطالة المرتفعة تتميز بنسب تضرس مرتفعة .

وبناء على ما سبق تتضح أن هناك عوامل أخرى تتحكم في نسبة التضرس من أهمها نوع الصخر وكمية المطر والمرحلة التطورية التى يعيشها حوض التصريف ، فالأودية التى قطعت شوطا في مرحلة التعرية تقل بها نسبة التضرس ، مثل أحواض الروافد الرئيسية (الزلقة – وتير الأعلى – وتير الأدنى – غزالة – صمغي) أما الأودية الصغيرة فترتفع بها نسبة التضرس .

ب- درجة الوعورة Ruggedness Number

ويتناول هذا المعامل العلاقة بين تضرس سطح الحوض وأطوال مجارى شبكة التصريف الخاصة به، ومن الممكن القول أن هذا المعامل يعبر عن العلاقة بين تضرس الحوض وكثافة التصريف ويتم حساب هذا المعامل من خلال العلاقة التالية :-

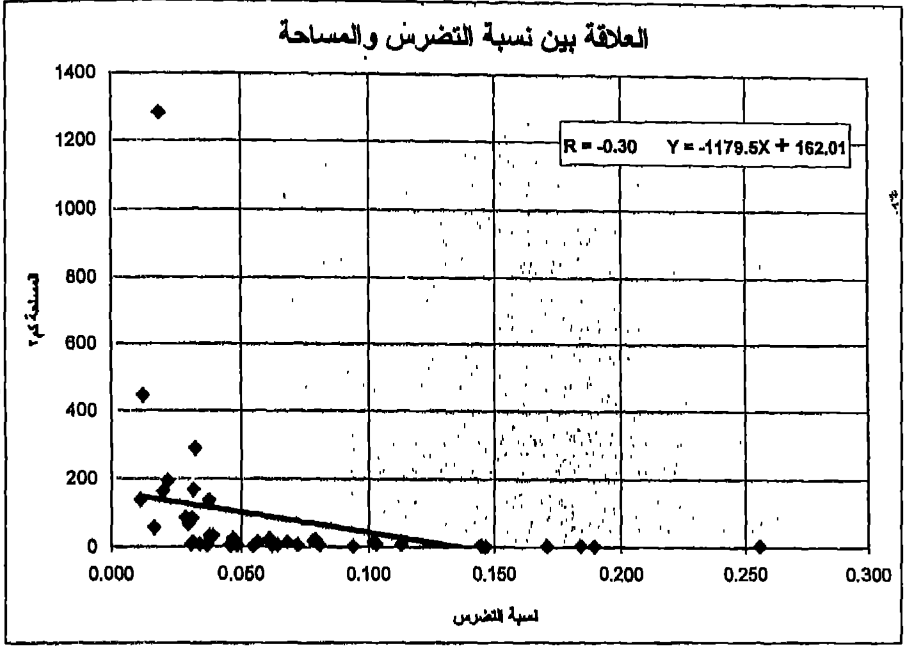
$$R_n = H \times D / 1000$$

حيث :

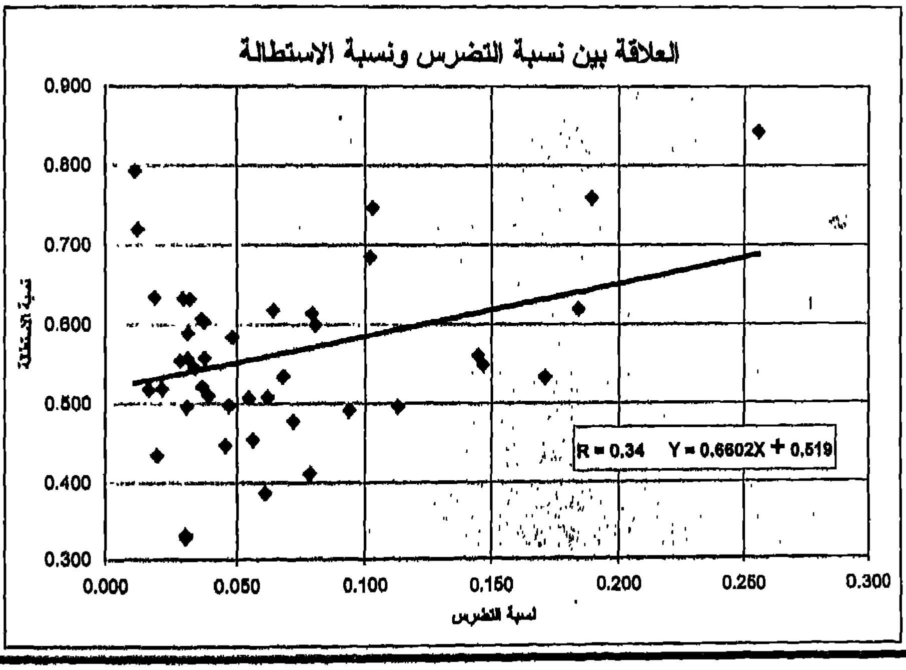
R_n = درجة الوعورة

H = الفرق بين أعلى نقطة واقل نقطة داخل حوض التصريف

D = كثافة التصريف (Strahler , 1958 , p. 289)



العلاقة بين نسبة التضرس والمساحة
R = -0.30 Y = -1179.5X + 162.01
المساحة كم٢
نسبة التضرس
0
200
400
600
800
1000
1200
1400
0.000
0.050
0.100
0.150
0.200
0.250
0.300



العلاقة بين نسبة التضرس ونسبة الاستطالة
R = 0.34 Y = 0.6602X + 0.519
نسبة الاستطالة
نسبة التضرس
0.300
0.400
0.500
0.600
0.700
0.800
0.900
0.000
0.050
0.100
0.150
0.200
0.250
0.300

شكل (٢-٩)

وترتفع قيمة درجة الوعورة بزيادة تضرس الحوض إلى جانب زيادة أطوال المجارى النهرية على حساب مساحة الحوض وقد أشار سترالر عند دراسته لقيم درجات الوعورة في بعض أحواض الولايات الأمريكية إلى أنها تتفاوت بين ٠,٠٦ للأحواض قليلة التضرس الموجودة في منطقة السهل الساحلي لولاية لويزيانا ، واكثر من الواحد الصحيح للأحواض شديدة التضرس الموجودة بولاية كاليفورنيا ، (تراب ، ١٩٨٨ ، ص٨٨) .

وبدراسة قيم الوعورة لحوض وادي وتير وروافده فقد اتضح ما يلي :-

▪ بلغت درجة الوعورة لحوض وادي وتير ٢,٠٣ ، بينما نجد أن متوسط درجة الوعورة لأحواض الروافد قد بلغ نحو ٠,٨١ ، كما يلاحظ من جدول (٢-٥) أن جميع أحواض الروافد تقل قيم وعورتها عن قيمة الوعورة لحوض الوادي الرئيسي ، وربما يرجع ذلك إلى زيادة المدى التضاريسي للحوض والذي يبلغ ١٥٧٥ متراً ولا يصل أي حوض من أحواض الروافد لهذا الرقم

▪ بلغ معامل الاختلاف لقيم الوعورة لأحواض الروافد نحو ٥٠ ٪ وهذا يدل على أن الاختلافات في قيم الوعورة اختلافات ليست كبيرة ولا تتعدى ١,٥٥ فقط .

▪ سجل وتير الأعلى - اكبر أحواض الروافد - أعلى قيمة بين أحواض الروافد كلها حيث سجل ١,٩٣ ، ويرجع ذلك إلى زيادة المدى التضاريسي للحوض إلى جانب زيادة كثافة التصريف إذ تبلغ نحو ٧,٢ كم/كم٢ .

ج - التضاريس النسبية Relative Relief

وتوضح هذه النسبة العلاقة بين المدى التضاريسي (الفرق بين منسوب أعلى نقطة وأدنى نقطة داخل حوض التصريف) ومقدار محيط حوض التصريف ، في صورة نسبة تشير إلى درجة تضرس الحوض ويمكن الحصول على هذا المعامل من خلال العلاقة التالية:

$$R_r = H/P \times 100$$

حيث :

R_r = قيمة التضاريس النسبية

H = الفرق بين منسوب أعلى نقطة واقل نقطة في حوض التصريف

P = طول محيط حوض التصريف

(Gregory &Walling , 1973 , p. 60)

وفى دراسته لنحو ٣٩ وادياً في المملكة المتحدة فقد توصل ابراهام إلى أن ارتفاع قيمة التضاريس النسبية يرتبط بزيادة أعداد مجارى الرتبة الأولى ، وتقل أعداد مجارى الرتبة الأولى

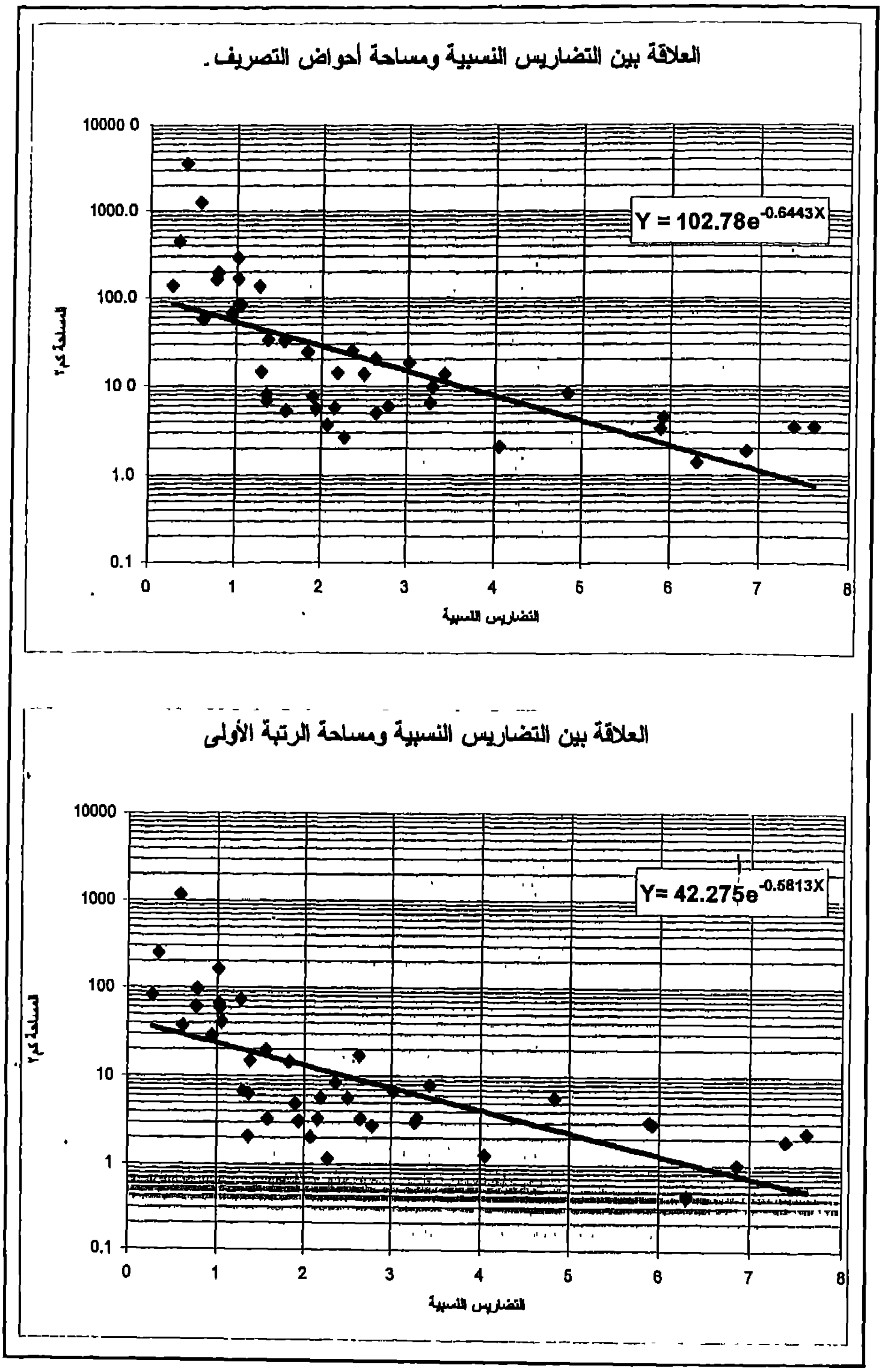
بانخفاض قيمة التضاريس النسبية ، وتتميز المجارى بصفة عامة بزيادة متوسط أطوالها بانخفاض قيمة التضاريس النسبية وتجنح المجارى النهرية إلى الإرساب (Knighton , 1984, P32) .

كذلك من خلال دراسة جريجورى ووالنج على نحو ٧٦ حوض في جنوب شرق ديفون ببريطانيا اتضح ان هناك علاقة سالبة بين مساحة حوض التصريف والتضاريس النسبية حيث سجلت الأحواض صغيرة المساحة قيما مرتفعة للتضاريس النسبية ، (Gregory & Walling ,1973 , p. 42)

ومن خلال دراسة التضاريس النسبة لحوض وادي وتير وروافده اتضح ما يلى :-

- بلغت قيمة التضاريس النسبية لحوض وادي وتير ٠,٤٢ وتقل هذه القيمة عن متوسط التضاريس النسبية لأحواض الروافد بمقدار ٢,٧ ويشير ذلك إلى الانخفاض النسبي لأحواض الروافد
- لوحظ ارتفاع قيم التضاريس النسبية في أحواض الروافد التى يتألف سطحها من الصخور النارية ، فعلى سبيل المثال فقد بلغت قيمة التضاريس النسبية لأودية صعيد ، ساكت سكوت - الخليل - طلعه الخواصة - الصعدا البيضا - الصعدة السمرا ، ٥,٩ - ٧,٣ - ٤ - ٧,٦ - ٢,٤ - ٣ على التوالي ، في حين سجلت الأودية التى يتألف سطحها في اغلبه من الصخور الجيرية الأقل صلابة . اقل قيم التضاريس النسبية مثل أودية وتير الأعلى - وتير الأدنى - الزلقة- غزالة - صمغي ، إذ سجلت هذه الأودية القيم التالية ٠,٦٢ - ٠,٥٢ - ٠,٥٨ ١,٠٢ - ١,٢٨ على التوالي
- بدراسة العلاقة بين التضاريس النسبية وكل من مساحة أحواض التصريف وإجمالي مساحة أحواض الرتبة الأولى ، شكل (٢-١٠) ، جاءت العلاقة عكسية بين التضاريس النسبية ومساحة أحواض التصريف بمعنى انخفاض قيمة التضاريس النسبية بزيادة مساحة الأحواض وهذا يدل على أن الأحواض كبيرة المساحة تعمل على ضبط انحدارات السطح وتقليل المدى التضاريس وذلك كونها قطعت شوطا في مرحلة التعرية النهرية .

كذلك فقد جاءت العلاقة عكسية بين التضاريس النسبية وإجمالي مساحة أحواض الرتبة الأولى ، بمعنى أن التضاريس النسبية المنخفضة يصاحبها كبر في إجمالي مساحات أحواض مجارى الرتبة الأولى ، ويدل ذلك على أن الأحواض ذات التضاريس النسبية المنخفضة تميل إلى زيادة مساحة أحواض الرتبة الأولى على حساب أعدادها ، أي أن مجارى الرتبة الأولى تصبح ذات مساحة حوضية كبيرة نتيجة لان المياه الساقطة على الحوض تصبح بلا مجرى محدد لمسافة طويلة حتى تجد مجرى محدد وواضح .


العلاقة بين التضاريس النسبية ومساحة أحواض التصريف.
Y = 102.78e^-0.6443X
المساحة كم٢
التضاريس النسبية
العلاقة بين التضاريس النسبية ومساحة الرتبة الأولى
Y= 42.275e^-0.5813X
المساحة كم٢
التضاريس النسبية

شكل (٢-١٠)

د - التكامل الهبسومتري **Hypsometric Integral**

يعتبر هذا المعامل من أفضل المعاملات المورفومترية لقياس درجة تضرس سطح الحوض إلى جانب أنه يحدد الفترة الزمنية التى قطعها حوض التصريف من دوره التعرية ، (تراب ، ١٩٨٤ ، ص١٨٢)

ويمكن حساب التكامل الهبسومتري من خلال العلاقة التالية :

$$H_i = A_{(km)} / H_{(m)}$$

حيث :

H_i = التكامل الهبسومتري

$A_{(km)}$ = مساحة حوض التصريف (بالكم٢)

$H_{(m)}$ = المدى التضاريس (بالمتر)

(جوده ، وعاشور ، ١٩٩١ ، ص ٣٢٧)

وتشير القيم المرتفعة لهذا المعامل إلى زيادة مساحة أحواض التصريف وانخفاض المدى التضاريسي لها ، بما يدل على التقدم العمرى لهذه الأحواض بمعنى أن هناك علاقة طردية بين قيم معامل التكامل الهبسومتري والفترة الزمنية التى قطعها الحوض من دورة التعرية والعكس بالعكس

وبدراسة قيم معامل التكامل الهبسومتري لحوض وادي وتير وروافده اتضح ما يلي :-

- بلغت قيمة التكامل الهبسومتري لحوض وادي وتير ٢,٨٢ ، جدول (٢-٥) ، بينما بلغ متوسط التكامل الهبسومتري لأحواض الروافد ٠,١٥ ، مما يدل على ان الحوض الرئيسي قد قطع شوطاً لا بأس به من مرحلة التعرية نتيجة لعمليات التسوية والتخفيض المستمر لمناسيبه .
- سجلت جميع أحواض الروافد قيماً اقل من الواحد الصحيح باستثناء حوضين فقط هما حوض وادي وتير الأعلى والزلقة ، مما يدل على أن هذين الواديين بالتحديد قد سبقا جميع الأحواض الأخرى في مرحلة التعرية ، ويؤكد ذلك أن هذين الحوضين يعتبران أكبر أحواض الروافد مساحة
- سجلت الأودية الصغيرة التى تجرى فوق الصخور النارية قيما اقل من ٠,٠٠٣ ، مما يدل على أن العامل الصخري ذو تأثير كبير على المرحلة الجيومورفولوجية التى يعيشها الحوض ، إذا اعتبرنا أن بقية العوامل ثابتة مثل الظروف المناخية والهيدرولوجية ، وينبغي الإشارة إلى أنه **يصعب تثبيت أحد العوامل أو فصله عن بقية العوامل فالظاهرة الجيومورفولوجية نتاج لتفاعل** عوامل عديدة ومتشابكة .

وسوف نناقش بشيء من التفصيل منحنى التكامل الهبسومتري الذي أقترحه سترالر في الصفحات التالية .

هـ – الرقم الجيومتري **Geometric Number**

يعد هذا المعامل كسابقيه من المعاملات التى تقيس درجة تضرس حوض التصريف ، ويختلف هذا المعامل عما سبق في وجود متغير جديد وهو درجة انحدار سطح الحوض (جودة ، عاشور ، ١٩٩١ ، ص ٣٢٩)

ويمكن حساب هذا المعامل من خلال العلاقات التالية :-

$$G_n = R_n / S_b$$

حيث :

G_n = الرقم الجيومترى

R_n = درجة الوعورة

S_b = درجة انحدار سطح الحوض

ويمكن حساب درجة انحدار سطح الحوض من العلاقة التالية :

$$S_b = H / L \times 1000$$

حيث :

H = المدى التضاريسي (الفرق بين أعلى منسوب وأدنى منسوب داخل الحوض)

L = طول الحوض

ثم يخول الناتج إلى درجات بالتقدير الدائري

ويشير ارتفاع قيمة هذا المعامل إلى انخفاض انحدار سطح الحوض بالنسبة لتضرس الحوض وكثافة تصريف (تراب ، ١٩٨٨ ، ص ٩٠) .

<u>وبدراسة قيم الرقم الجيومتري على مستوى حوض وادي وتير وروافده يتضح ما يلي :-</u>

▪ بلغت قيمة الرقم الجيومترى لحوض وادي وتير ٥٢٨ ، وتعد هذه القيمة أعلى القيم على مستوى كل الأحواض ويؤكد ذلك ما سبق وهو أن حوض الوادي الرئيسي قد قطع شوطا أطول في مرحلة التعرية النهرية مقارنة بأحواض الروافد .

▪ بلغ متوسط قيمة التكامل الهبسومتري على مستوى أحواض الروافد ٩٤ ، وهذا يدل على أن هذه الأحواض ما زالت في مرحلة مبكرة جداً من مرحلة التعرية مقارنة بالوادي الرئيسي وربما ستستمر هذه المرحلة فترة طويلة من الزمن نتيجة لحالة الجفاف التى تعانى منها المنطقة في الوقت الحالي .

▪ يعتبر وادي الزلقة اكثر الأودية تطوراً حيث سجل ٤٧٧ وهذا الرقم يقترب كثيراً من رقم الحوض الرئيسي ويرجع ذلك لعظم شبكة تصريفه بالنسبة لانحداره وتضرسه كما الحال في حوض

الوادي الرئيسي ، أما الوادي التالي فهي وادي وتير الأعلى ٣٥١ ، ويدل هـــذا علـــى أن الفـــترة الزمنية النهرية التي قطعها هذا الحوض تعادل نصف الفترة التى قطعها الوادي الرئيسي تقريباً .

خامسا : انحدار سطح الحوض

قام الطالب بدراسة انحدار سطح حوض التصريف إجمالاً ثم على مستوى أحواض الروافد، فعلى مستوى حوض التصريف تم دراسة ثلاثة متغيرات هى درجات الانحدار ، المسافات بين خطوط الكنتور واتجاهات الانحدارات ، وقد تم ذلك على النحو التالي :

١ – تحويل خطوط الكنتور من على الخرائط الطبوغرافية ١/٥٠,٠٠٠ إلى الحاسب الآلـــي باستخدام المرقم الآلي Digitizer وكان الفاصل الكنتوري ١٠٠ متر .

٢ – تحويل خطوط الكنتور إلى شبكة مربعات Grid ويبلغ طول ضلع كل مربع ١٠٠ متر ، ويطلق على كل خلية من خلايا الشبكة أسم Pixel .

٣ – حساب درجة الانحدار داخل كل مربع من مربعات الشبكة .

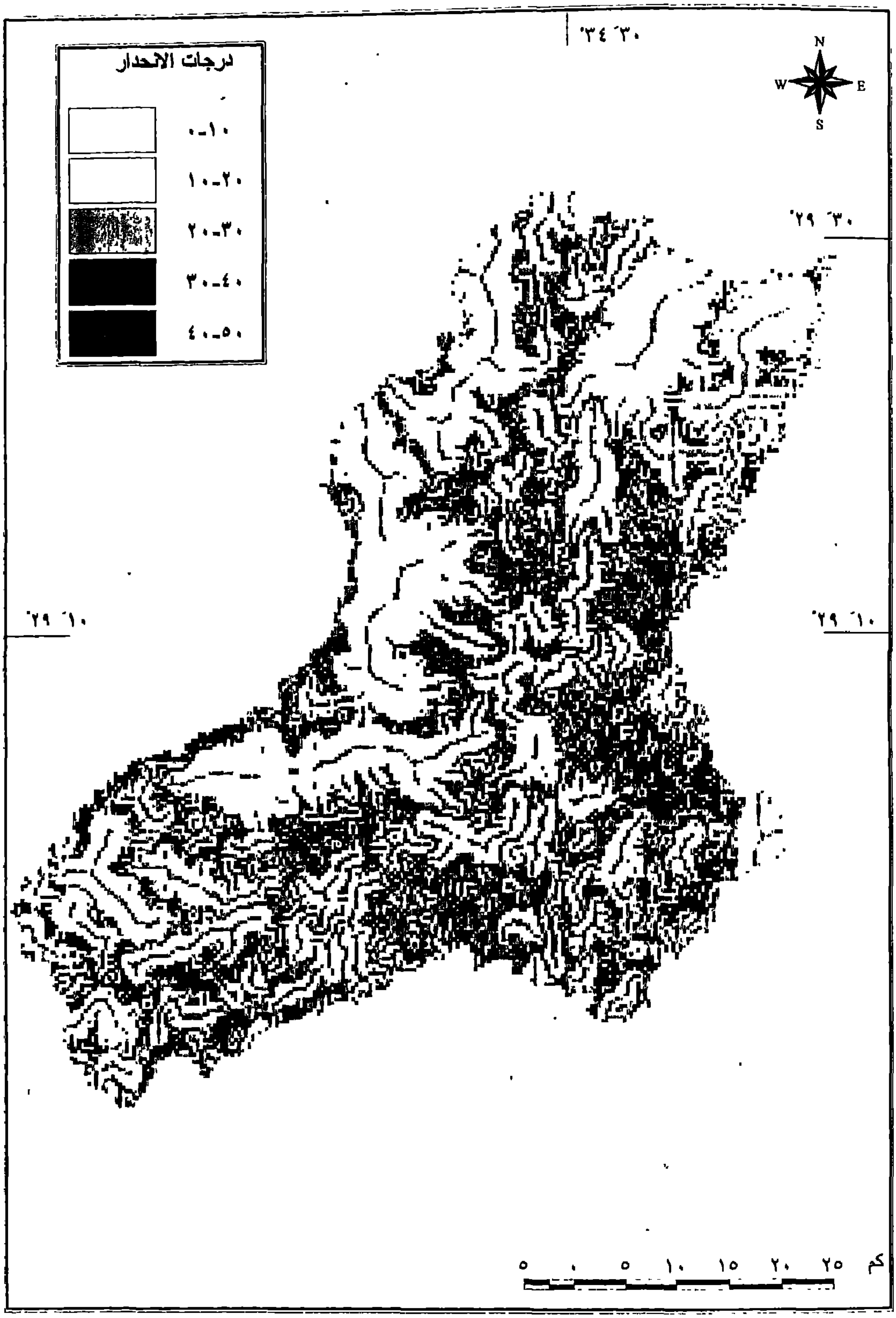
٤ – حساب المسافات بين كل خط كنتور وخطوط الكنتور المجاورة داخل كل Pixel وذلك على اعتبار أن المسافات بين خطوط الكنتور من المؤشرات المهمة التى توضح مدى تضرس سطح الحوض .

٥ – حساب اتجاهات الانحدار بالدرجات الدائرية داخل كل مربع .

ويتضح من خلال شكل (٢-١١) ما يلي :-

- تتراوح درجات الانحدار بين صفر – ٥٠° وإن كانت هناك بعض الحافات الرأســـية التـــي يصل انحدارها لأكثر من ٨٠° .
- تتركز الانحدارات الشديدة في القسم الشرقي والجنوبي لحـــوض التصريـــف حيـــث تنتشـــر الصخور النارية التى تتسم بانحداراتها الشديدة .
- توجد الانحدارات الشديدة أيضاً على الحافات الغربية للحوض والتى تمثل المنحدرات الشـرقية لهضبة العجمة ويمثل هذا الجزء أيضاً وجه الكويستا ، وتصل الانحدارات في هذا الجزء أكثر مـــن ٣٠ درجة .
- تتركز الانحدارات الخفيفة – أقل من ١٠° – في عدة مناطق هي :-

أ – الجزء الشمالي من الوادي حيث يتسم سطح الأرض بالاستواء تقريباً ، وتتسم الأودية فـــي هذه المنطقة بتشعبها الشديد وعدم وضوح المجاري بصورة جيدة .



شكل (٢-١١) درجات الانحدار في وادي وتير

ب – الجزء الغربي من الحوض حيث استطاع وادي الزلقة وأودية البطم والحيثي وأبيض بطنه أن تخفض سطح الأرض وتقلل انحداره ، كذلك فإن طبيعة صخور هذه المنطقة – معظمها من صخور الحجر الجيري – عملت على سهولة نحتها وتسويتها .

ج – كذلك توجد الانحدارات الهينة في منطقة دلتا وادي وتير حيث يقل الانحدار لأقل من ٥ درجات وذلك بسبب طبيعة الإرساب في هذه المنطقة والذي تم في أغلبه على حساب البحر ، وتوجد بعض المجاري العريضة التي تشق سطح دلتا الوادي .

د – تقل الانحدارات أيضا على جوانب الأودية وخاصة الأودية الكبيرة مثل وادي الزلقة ووادي البيار والصوانة والحيثي والبطم .

▪ كما يتضح من شكل (٢-١٢) أن خطوط الكنتور تقترب من بعضها في اغلب أجزاء الوادي وتتراوح المسافة بين خطوط الكنتور بين صفر – ١٥٠٠ متر ، وتزيد المسافات على جوانب الأودية حيث يقل الانحدار عن ١٠ درجات ، كما اتضح أن المسافات بين خطوط الكنتور تتباعد في المناطق ذات الانحدار الخفيف سابقة الذكر . ولاشك أن هذا المتغير – المسافات بين خطوط الكنتور _ له أهمية قصوى عند تحديد المناطق المعرضة للانهيارات الأرضية وحركة المواد ، كذلك يمكن على أساس هذا المتغير تحديد المناطق التي يمكن زراعتها في حالة توفر المياه والتربة الصالحة .

▪ أما بالنسبة لاتجاهات المجاري ، شكل (٢-١٣) ، فنجد أن الانحدارات التي تتجه شمالا تتركز في القسم الشرقي والجنوبي ، بينما تتركز الانحدارات ذات الاتجاه الجنوبي الشرقي في الجزء الأوسط والجزء الشمالي ، ويمكن من خلال هذا المتغير تحديد أماكن وضع السدود والخزانات .

وقد تم دراسة انحدارات أحواض الروافد باستخدام طريقتين هما :-

أ- حساب درجات الانحدار

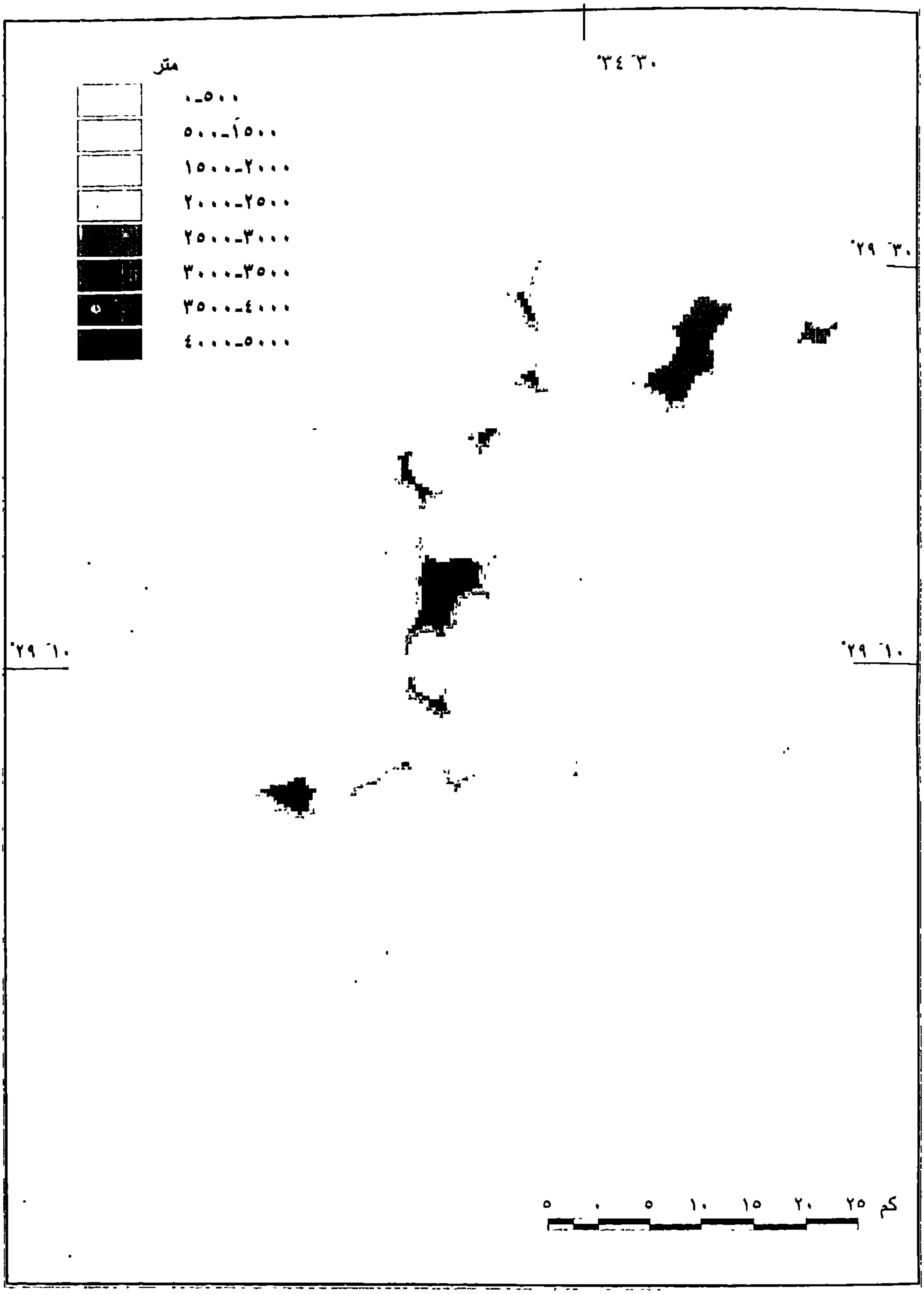
من خلال العلاقة التالية :

ظا الانحدار = المدى التضاريسي ÷ طول الحوض

ب- نسبة انحدار السطح

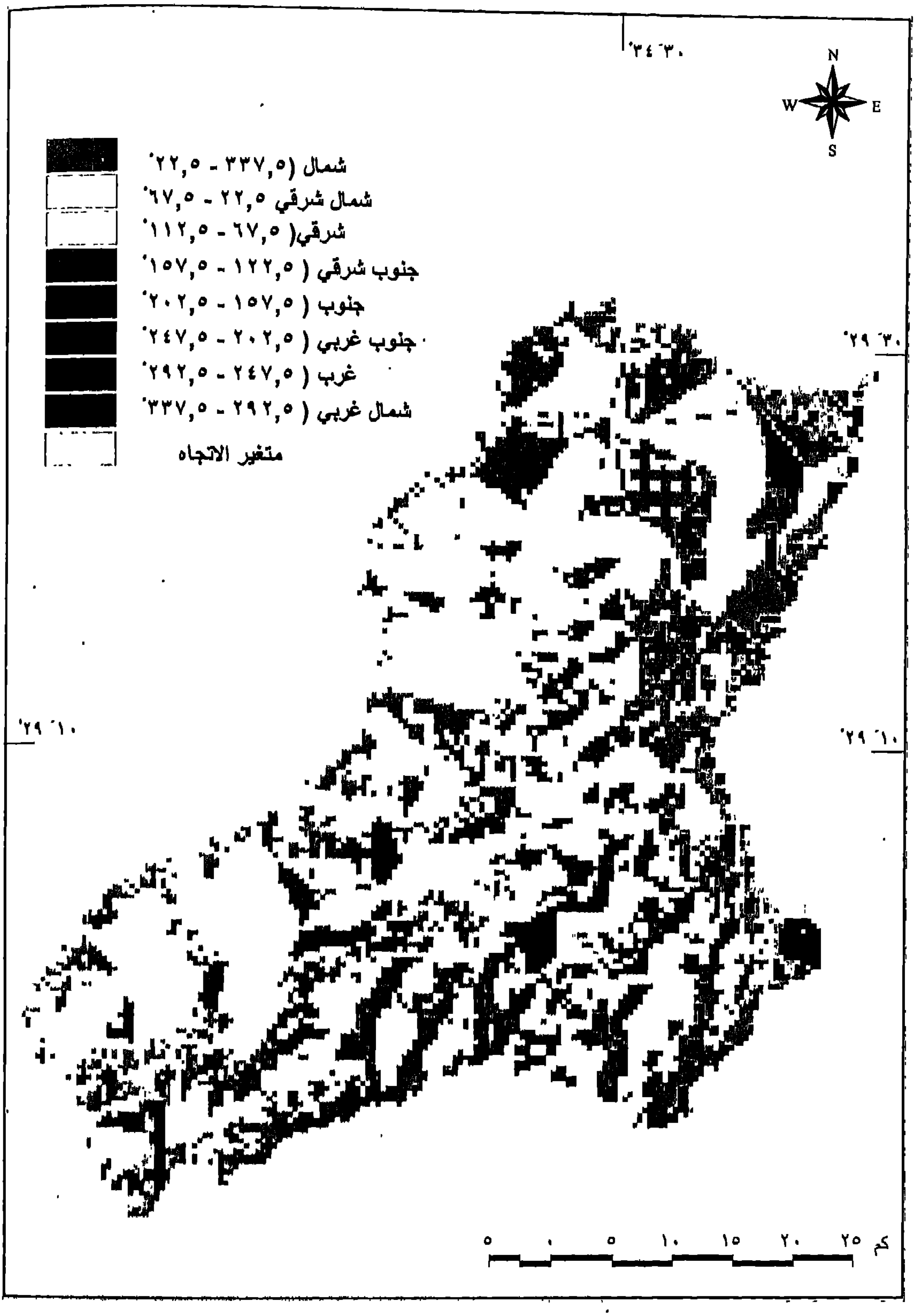
وتم الحصول عليه من خلال العلاقة التالية

نسبة الانحدار = المدى التضاريسي ÷ طول الحوض × ١٠٠



شكل (٢-١٢)

المسافات بين خطوط الكنتور في حوض وادي وتير



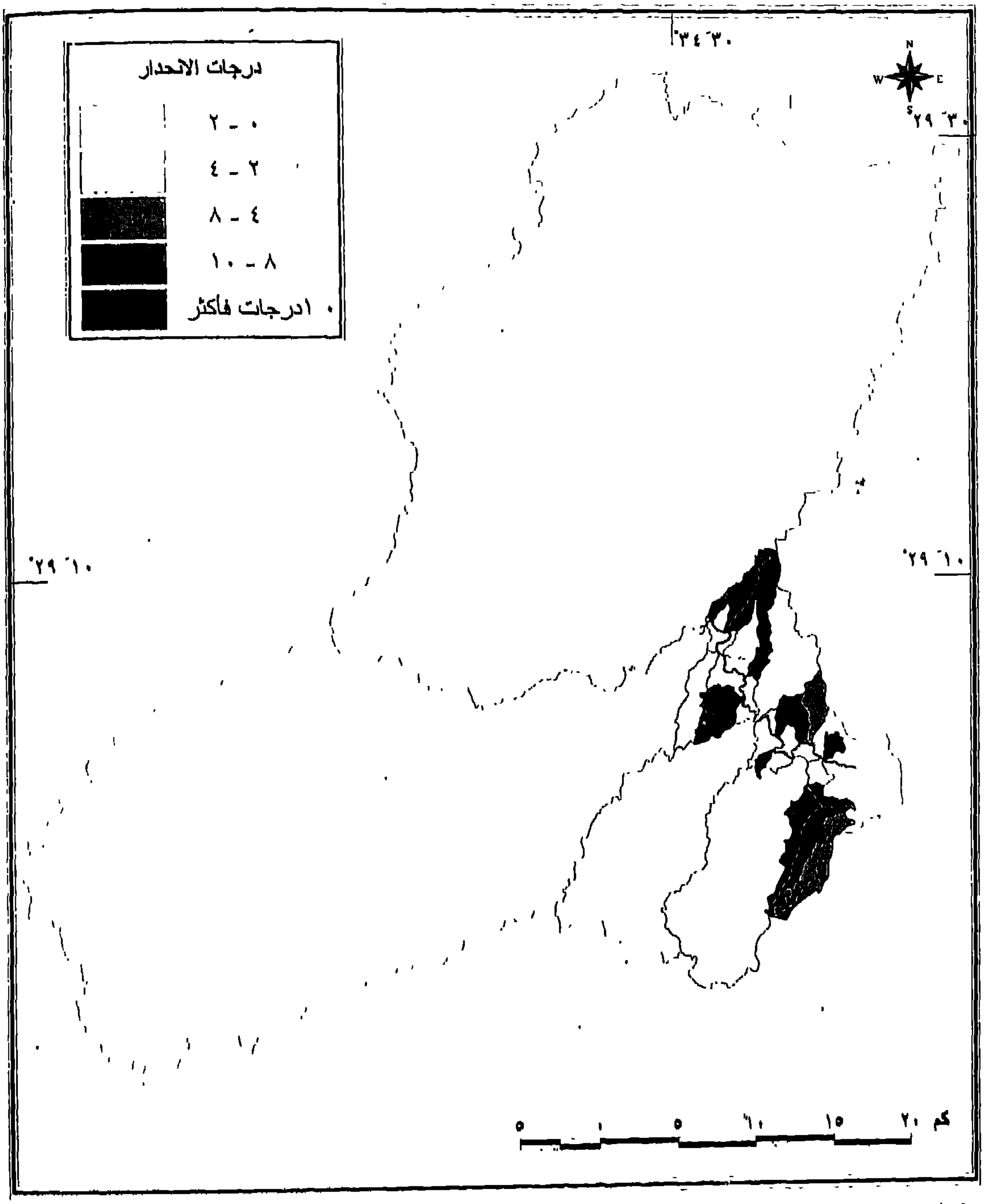
شكل (٢-١٣)
اتجاهات الانحدار في حوض وادي وتير

ويتضح من خلال خريطة درجات الانحدار وخريطة نسبة الانحدار ومن خلال الجدول (٢-٥) وشكل (٢-١٤) [1] يتضح ما يلي :-

- بلغت درجة انحدار وادي وتير ١,١٧ حيث كان انحدار السطح ٢٠ متر / كم ، بينما كان متوسط انحدار أحواض الروافد ٥,١ درجة ، ويرجع ذلك نتيجة لاتساع حوض الوادي الرئيسي على حساب المدى التضاريسي ونستطيع ان نقول جوازا بأن الأحواض كبيرة المساحة يقل انحدار سطوحها مقارنة بالأحواض صغيرة المساحة إلا أن هناك بعض الإستثناءات لهذه القاعدة ، فعلى سبيل المثال فقد سجل وادي الحيثي – أحد روافد وتير الأعلى – اقل درجة انحدار وبلغت ٠,٧١ على الرغم من انه لا يعد اكبر الأودية مساحة ، بينما سجل وادي الزلقة ١,٠٧ ، وربما يرجع هذا الاختلاف الى أن هناك بعض الكتل المرتفعة التى أدت إلى زيادة المدى التضاريسي لحوض وادي الزلقة وخاصة في قسمه الشرقي حيث توجد بعض المرتفعات التى يتعدى منسوبها ١٥٠٠ متر مثل جبل عمارة الشيوخ ١٥٣٢ متر ، جبل شيطي ١٥٨١ متر ، وجبل الجنه ١٤٢٧ مترا ، بينما يجري وادي الحيثي في منطقة سهليه منبسطة قليلة الانحدار يتراوح ارتفاعها بين ٦٧٠ مترا ، ونحو ١٠١٨ مترا عند جبل البيرات في أقصى الشمال الشرقي للحوض .
- سجلت جميع الأودية صغيرة المساحة انحدارا أكثر من ٤ باستثناء عدد محدود منها ، وربما يرجع ذلك الى أن هذه الأودية نشأت في ظروف ليثولوجية وبنيوية وهيدرولوجية معينه عملت على زيادة انحداراتها . وقد لوحظ ان هذه الأودية تجرى معظمها في مناطق الصخور النارية ، كما تتركز هذه الأودية على الجانب الشرقي للمجرى نتيجة لامتداد الصخور النارية على الجانب الشرقي للمجرى الرئيسي أكثر من امتدادها على نظيره الجانب الغربي .
- يتضح من خلال خريطة متوسط الانحدارات ، شكل (٢-١٥) أن الانحدارات الشديدة -اكثر من ١٥٪- تتركز فى الجزء الجنوبي الشرقي خاصة في أحواض (صعيد – ساكت سكوت – طلعه الخواصة) ، ويمكن تسمية هذا النطاق بالنطاق الجبلي حيث تبدو التضاريس على هيئة قمم حادة وذات انحدارات شديدة ، ويتألف هذا النطاق بصورة رئيسية من صخور الأساس . ويبلغ أقصى ارتفاع في هذا النطاق نحو ٩٠٢ مترا عند جبل مكيمن في حين يبلغ اقل ارتفاع نحو ٤٠ مترا عند مخرج وادي وتير ، ويتميز هذا النطاق بالتضاريس الوعرة والحافات الرأسية والقمم المرتفعة ، وتتألف مناطق تقسيم المياه في هذا النطاق من الصخور الرسوبية، (Ismail, 1998, Pp. 33-34)

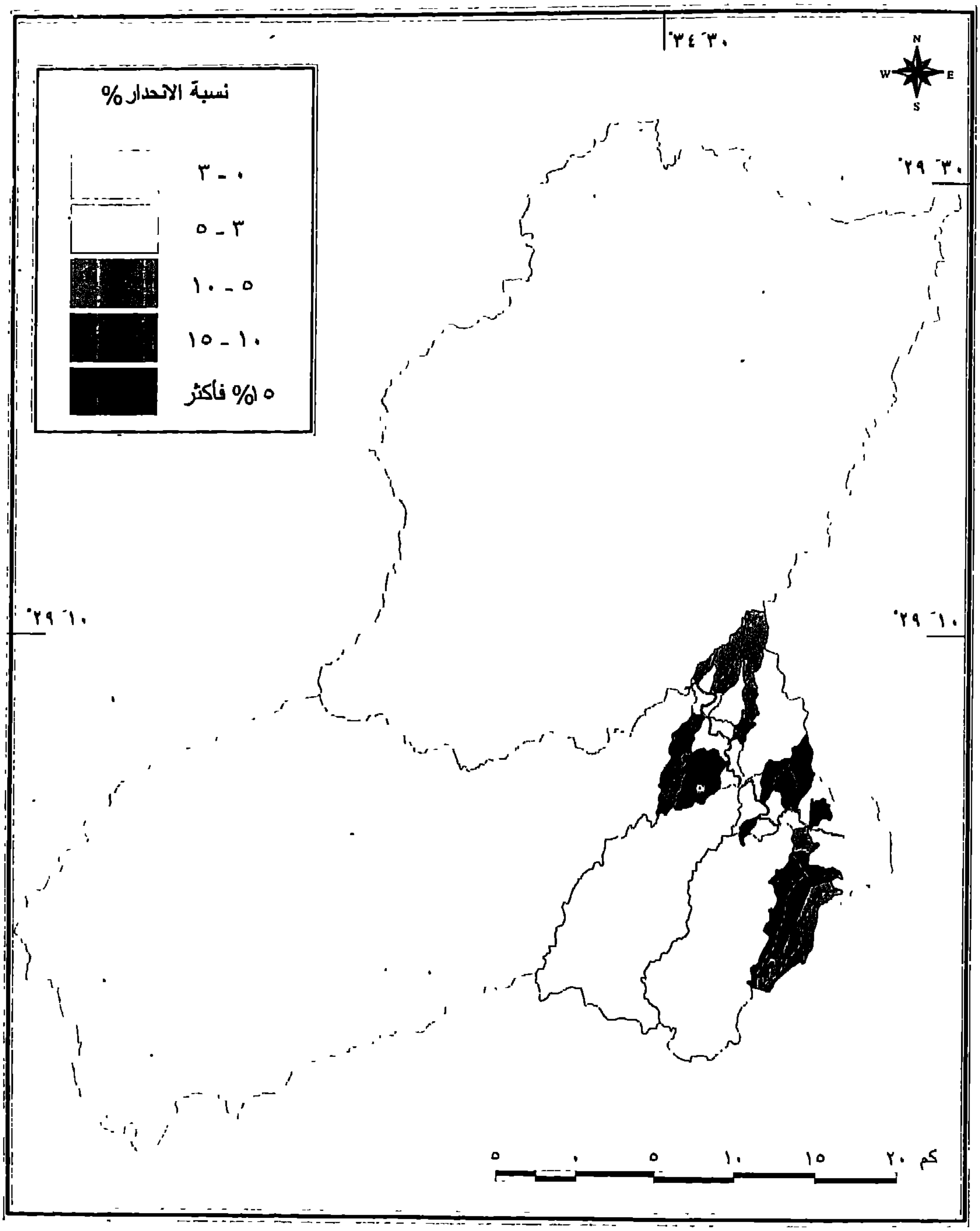
---

[1] تم تعديله الحاسب الآلي البيانات بعد الحصول عليها من برنامج Excel 97 ، واستخدام برنامج ARCVIEW لمعالجة البيانات مكانيا



شكل (٢-١٤)

درجات الانحدار في الروافد الرئيسية



شكل (٢-١٥) نسب الانحدار في أحواض الروافد الرئيسية

▪ تتركز الانحدارات المتوسطة ٢-١٠ ٪ في النطاق الهضبي الذي يلي النطاق الجبلي سابق الذكر وتتركز هذه الانحدارات في أودية صمغي وغزالة والصوانة والشبيحة وابيض بطنه والشفلح وأبو علاقة وفي بعض الأودية صغيره المساحة في الجزء الشمالي من الحوض مثل أودية الرميثي وأم سيالة وأم جزاز .

▪ أما الانحدارات اللطيفة أو الخفيفة فتتركز في الجزء الشمالي والشمالي الغربي والغربي وتتمثل في أحواض الزلقة و(قديرة والبطم والشعيرة والحيثى) الروافد الرئيسية لوادي وتير الأعلى ، وتشغل هذه الأودية مساحات واسعة من الحوض نتيجة لكبر مساحة أحواض هذه الفئة إذ أن وادي الزلقة وحده تبلغ مساحته نحو ثلث المساحة الكلية لحوض التصريف ، كذلك تنتشر الانحدارات اللطيفة في مجرى الوادي الرئيسي ودلتاه ، كذلك تتركز هذه الانحدارات عند مصبات الأودية خاصة تلك الأودية التى تكون مراوح فيضية عند مصباتها .

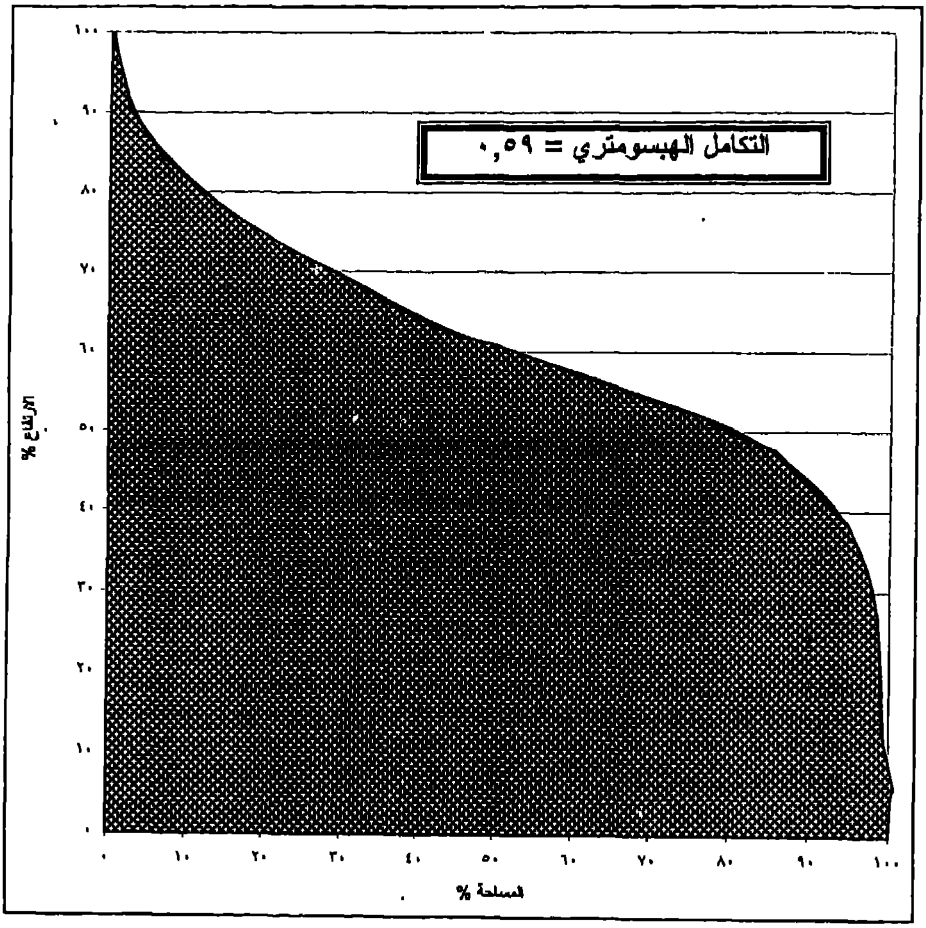
▪ يجب الإشارة إلى أن التقسيم السابق للانحدار يعتمد على العمومية لأن هناك بعض القيم الجبلية والمرتفعات التى تعمل على زيادة الانحدار المحلى .

سادسا : المنحنى الهبسومتري والمرحلة الجيومورفولوجية

استخدم سترالر هذا الأسلوب من التحليل لتحديد معدلات النحت في أحواض التصريف كما انه يصلح كأسلوب كمي للمقارنة بين أحواض التصريف ، على أن أهم ما يميز هذا الأسلوب هو انه يحدد المرحلة الجيومورفولوجية للحوض بطريقة كمية بينما كان ديفز يعتمد على الأساليب الوضفية لتحديد هذه المرحلة ، (King , 1966, P. 247) .

وقد تم عمل المنحنيات الهبسومترية طبقا طريقة سترالر بقياس المساحة المحصورة بين كل خطى كنتور متتاليين على مستوى كل حوض وحساب النسب المئوية لكل من المساحة والارتفاع (Strahler, 1957, P. 919) ، ويوضح شكل (٢-١٦) المنحنى الهبسومتري للوادي الرئيسي وتظهر الأشكال (٢-١٧) المنحنيات الهبسومترية لأحواض الروافد وقد قيست المساحة المحصورة اسفل المنحنى الهبسومتري لتحديد المرحلة الجيومورفولوجية لكل حوض على حده .

وقد أشار سترالر -مبتكر هذا التحليل - إلى أن قيمة التكامل الهبسومتري تكون مرتفعة خلال مرحلة الشباب وقد تصل إلى نحو ٠,٨ مما يدل على أن الوادي يعيش مرحلة الشباب بكل سماتها حيث تتميز جوانبه بشدة الانحدار . وقد وصف سترالر هذه المرحلة بأنها مرحلة عدم التوازن Inequilibrium وفيها تتراوح قيمة التكامل الهبسومتري Hypsometric Integral بين ٠,٦٠ ، ٠,٨ ، وفى مرحلة النضج تتراوح قيمة التكامل الهبسومتري بين ٠,٤ ، ٠,٦ وذلك نتيجة



شكل (٢-١٦) المنحنى الهبسومتري لحوض وادي وتير

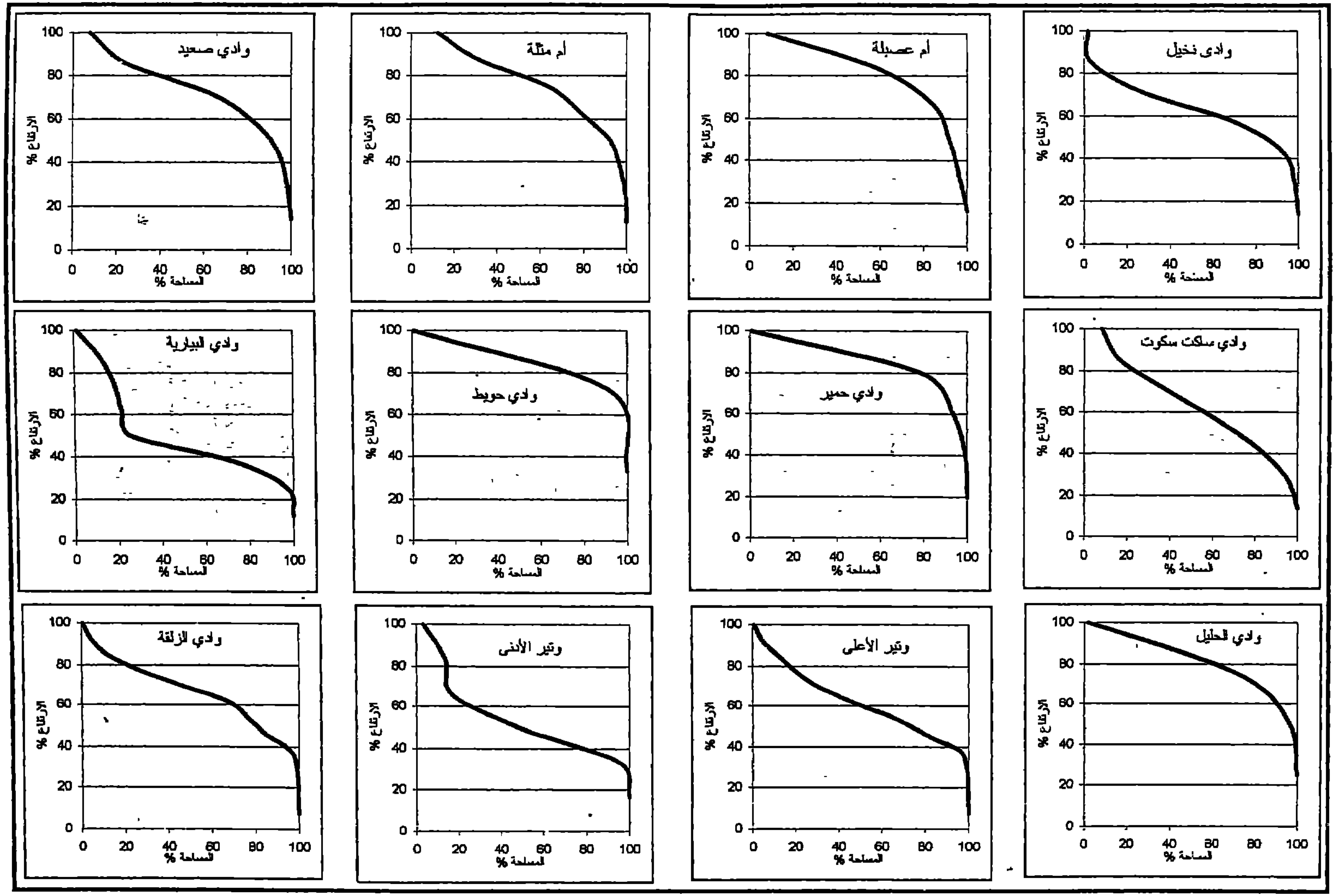
لإزالة الكتل المنعزلة ، (شاور ،١٩٨٢، ص ص ٤٥ – ٤٧) ، ويقل التكامل الهبسومتري في مرحلة الشيخوخة Senility إلى ٠,١٢٥ ، ولا تتحقق هذه القيمة المنخفضة إلا إذا وجدت بعض الكتل المنعزلة التي تجعل المدى التضاريسي كبيراً ، وهذه تمثل مرحلة انتقالية ومؤقتة سرعان ما ترتفع قيمة التكامل بعد ذلك .

وقد أشار سترالر إلى أن هناك عوامل كثيرة تحكم وصول الوادي إلى مرحلة النضج منها طبيعة التضاريس وحجم الحوض النهري وكثافة التصريف والظروف المناخية والنباتية ونوع الصخر ... الخ ، وأطلق سترالر على مرحلة النضج مرحلة التوازن Equilibrium ، وبوصول الوادي لمرحلة الشيخوخة تنخفض قيمة التكامل الهبسومتري لأقل من ٠,٤ وقد تصل إلى ٠,١٢٥ (King , 1966, P. 248) ، ومن خلال الجدول التالي والأشكال (٢-١٧) يتضح ما يلي :-

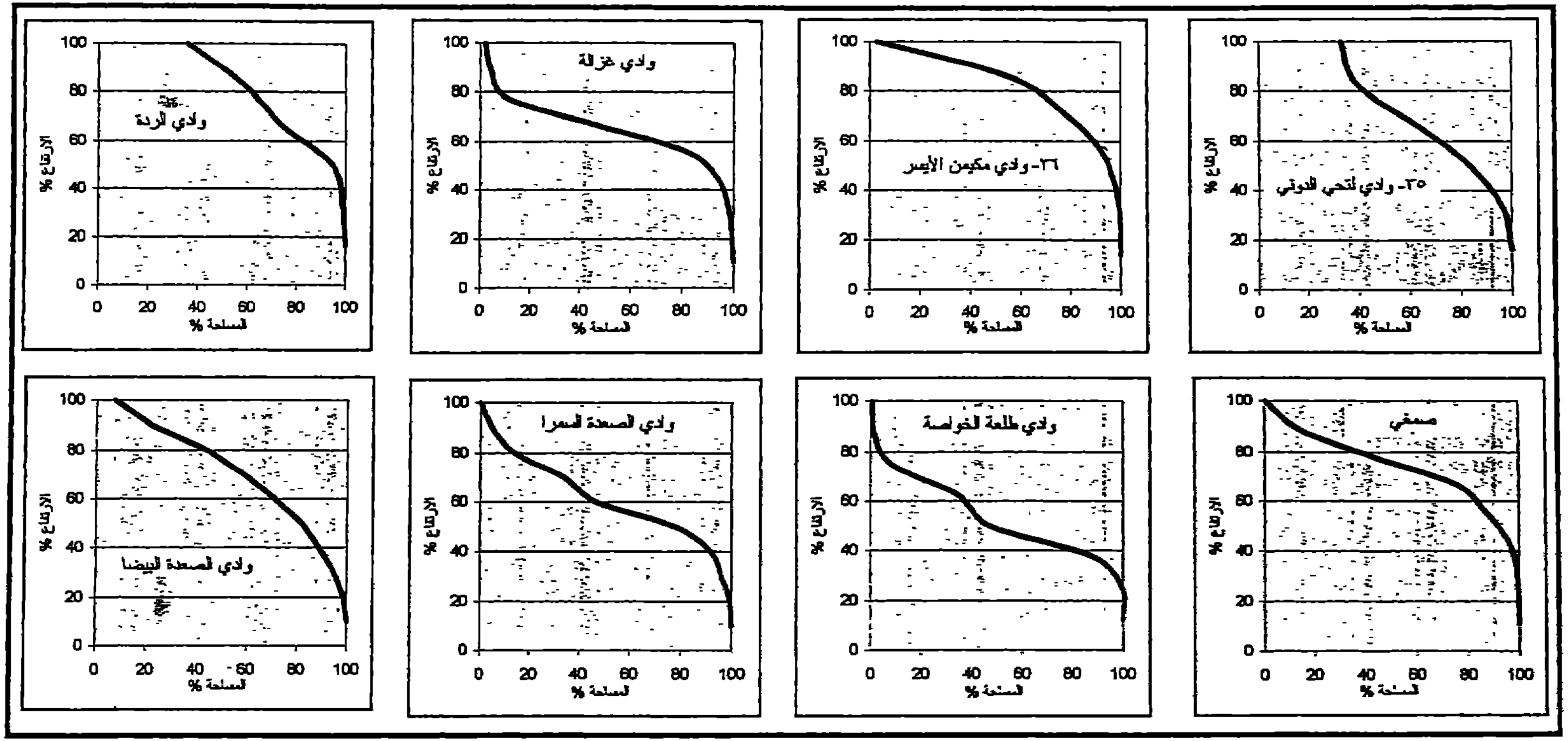
- يمكن القول أن حوض وادي وتير يعيش مرحلة النضج ، شكل (٢-١٦) إذ تبلغ قيمة تكامله الهبسومتري ٠,٥٩ والوادي أمامه بعض الوقت للدخول في مرحلة الشيخوخة ويلاحظ كذلك أن عمليات التخفيض تزيد بالاتجاه صوب المصب بصورة كبيرة نتيجة لان الوادي يكون قد استطاع ان يحصل على كميات كبيرة من المياه تعمل على زيادة عمليات النحت في هذا الجزء ، كما أن هذا الجزء يعد أكثر الاجزاء انحدارا ويتألف من الصخور النارية وتزيد به معدلات النحت .

من خلال فحص أرقام وأشكال التكامل الهبسومتري -جدول (٢-٦) وأشكال (٢-١٧) - ، لأحواض الروافد يتضح أن جميعها تدخل ضمن مرحلتي الشباب والنضج حيث تتراوح قيم تكاملها الهبسومتري بين ٠,٤٢ ، ٠,٨٧ ، كذلك يتضح أن ١٣ واديا من إجمالي ٢٠ وادياً هم جملة أحواض الروافد تدخل ضمن مرحلة الشباب بنسبة ٦٥ ٪ وتمثل هذه الأحواض نحو ١٩٪ من إجمالي مساحة حوض الوادي ، ويرجع انخفاض هذه النسبة مقارنة بزيادة أعداد هذه الأحواض إلى أن أغلبها أودية صغيرة المساحة، ويمكن القول أن نحو ١٢ ٪ من إجمالي مساحة حوض وادي وتير تدخل ضمن مرحلة الشباب بينما نحو ٨١٪ من إجمالي المساحة تدخل ضمن مرحلة النضج ويمثلها نحو ٧ أودية يمثلون ٣٥ ٪ من إجمالي أعداد أحواض الروافد .

- **بالنسبة للأودية التى تدخل ضمن مرحلة الشباب وجد إنها تتفاوت فيما بينها فبينما توجد بعض** الأودية التى تعيش مرحلة الشباب بكل سماتها مثل أودية أم مثلة صعيد ، حويط ، حمير ، والخليل، نجد أن هناك بعض الأودية في طريقها للدخول ضمن مرحلة النضج مثل أودية نخيل والصعدة البيضا وسعدي وينبغي الإشارة إلى أن انخفاض مساحة هذه الأودية قد يكون عاملاً مضللاً أدى إلى ارتفاع قيمة التكامل الهبسومتري لهذه الأودية .



شكل (٢-١٧-أ) المنحنيات الهبسومترية لأحواض الروافد في وادي وتير



شكل (٢-١٧-ب) المنحنيات الهبسومترية لأحواض الراوفد في وادي وتير

جدول (٢-٦) التكامل الهبسومتري في حوض وادي وتير وروافده

الوادي	التكامل الهبسومتري	الوادي	التكامل الهبسومتري	الوادي	التكامل الهبسومتري	الوادي	التكامل الهبسومتري
نخيل	٠,٦٢	حمير	٠,٧٩	وتير الأدنى	٠,٥١	الردة	٠,٧٨
أم عصيلة	٠,٧٨	حويط	٠,٨٧	الزلقة	٠,٥٩	صمغي	٠,٧٢
ام مثلة	٠,٧٦	البياريه	٠,٤٨	لتحي الدوني	٠,٧٢	طلعة الخواصة	٠,٤٩
صعيد	٠,٧٣	الخليل	٠,٧٦	مكيمن الأيسر	٠,٧٩	الصعدة السمرا	٠,٥٦
ساكت سكوت	٠,٥٩	وتير الأعلى	٠,٥٦	غزالة	٠,٦٣	الصعدة البيضا	٠,٦٦
التكامل الهبسومتري لحوض وادي وتير = ٠,٥٩							

▪ كذلك بالنسبة للأودية التى تدخل ضمن مرحلة النضج فهناك بعضا منها قد قطع شوطاً كبيرا في هذه المرحلة وقارب على أن يدلف إلى مرحلة الشيخوخة وهذه الأودية هى البرقة والحيثي والشعيرة والبطم وسرطبة وقديرة والزلقة والشبيحة - روافد وتير الأعلى - ومرة أخرى يجب الإشارة إلى أن هذه الأودية تمثل الروافد الرئيسية لوادي وتير الأعلى ، وهناك بعض الأودية الأخرى التى ما زال أمامها شوطاً كبيراً حتى تدخل مرحلة الشيخوخة وأهمها أودية ساكت سكوت والصعدة السمرا والخليل .

وتشير منحنيات التكامل إلى تزايد معدلات النحت والتخفيض عند المناسيب المرتفعة والمنخفضة بصورة أكبر من باقي أجزاء الوادي ، ويدل ذلك على بقاء عمليات النحت والإرساب في حالة متوازنة داخل النظام النهري ، (شاور ، ١٩٨٢ ، ص ٤٩) .

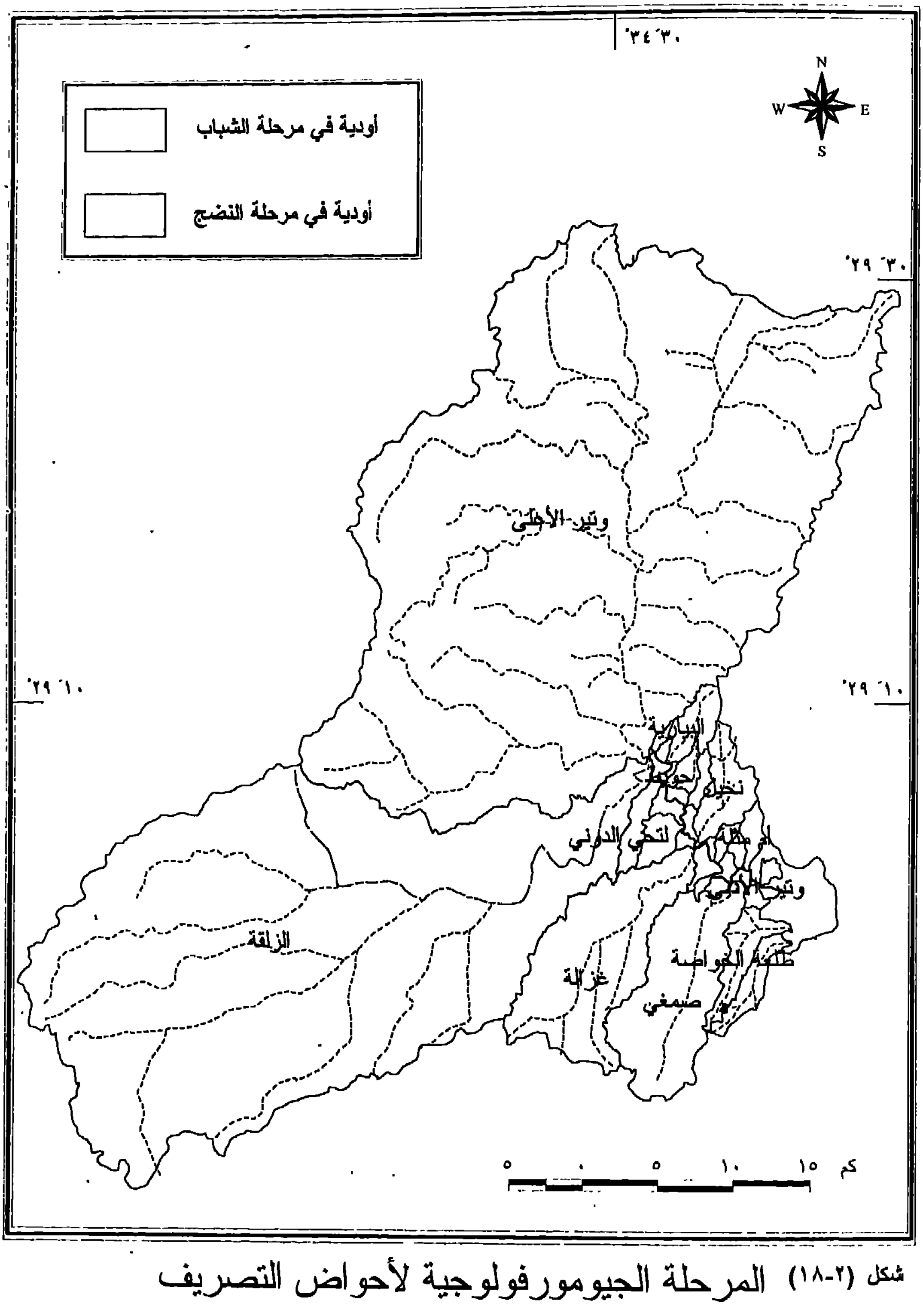
▪ رغم الاختلافات بين قيم التكامل الهبسومتري داخل كل مرحلة إلا أننا يجب أن نشير إلى أنه لا يوجد ارتباط بين نوع الصخر وبين المرحلة الجيومورفولوجية والدليل على ذلك وجود بعض الأودية في نفس المرحلة على الرغم من تباين التكوينات الجيولوجية لكل منها ، فعلى سبيل المثال فإن أودية نخيل وساكت سكوت والبيارية تدخل ضمن مرحلة النضج على الرغم من أن الأودية الثلاثة الأولى تجرى في نطاق الصخور النارية بينما تجرى الأودية الثلاثة الأخيرة تجري فوق تكوينات الحجر الجيري ، كما أننا وجدنا أنه داخل النوع الواحد من التكوينات قد توجد أودية تنتمي إلى مرحلة الشباب وأخرى تنتمي إلى مرحلة النضج بل في طريقها إلى مرحلة الشيخوخة ، فعلى سبيل المثال فإن تكوينات الحجر الجيري تضم أودية تدخل ضمن مرحلة الشباب مثل أودية ابيض

بطنه والشفلح كما إنها تضم أودية في مرحلة النضج وفى طريقها لمرحلة الشيخوخة مثل أودية الزلقة ووتير الأعلى ، وقد توصل سترالر إلى أنه ليس ثمة علاقة بين التكوين الجيولوجي والمرحلة الجيومورفولوجية لأحواض التصريف وانه ليس بالضروري أن يؤدى نفس نوع الصخر إلى نشأة نفس الأشكال الأرضية ، وذلك من خلال دراسته للمنحنيات الهبسومترية لأحواض تصريف خمس مناطق متباينة بالولايات المتحدة (King, 1966, PP. 247-248) .

ويبدو أن الظروف البنيوية التى تعرض لها الحوض هى المسئولة إلى جانب مجموعة أخرى من العوامل ، عن اختلاف المرحلة الجيومورفولوجية بين حوض وأخر ، ولا شك أن العوامل الأخرى مثل كمية التساقط وبالتالي حجم الجريان السطحي كان لها دوراً كبيرا في اختلاف معدلات النحت .

وعلى الرغم مما سبق فان الطالب لا يستطيع إغفال عامل الصخر كلياً حيث من المعروف أن نوع الصخر وطبيعته يحدد مقدار المياه المتسربة وبالتالي حجم الجريان السطحي ولكن يبدو أن هذا العامل وإن كان لابد من دراسته جيداً إلا انه ليس العامل الرئيسي لاختلاف المرحلة الجيومورفولوجية ،ويمكن القول بصفة عامة أن أحواض التصريف التى تتألف من الصخور النارية تدخل ضمن مرحلة الشباب بينما نجد أن أغلب الأحواض التى تتألف من الصخور الجيرية تنتمي إلى مرحلة النضج ، شكل (٢-١٨) .

وقد لاحظ الطالب أن لموقع أحواض التصريف دلالة في معرفة المرحلة الجيومورفولوجية ، فالأحواض الجنوبية تتميز بأن معظمها يدخل ضمن مرحلة الشباب بينما تدخل الأودية الشمالية ضمن مرحلة النضج ، ويعتقد الطالب أن هذا الاختلاف ربما يرجع إلى أن أودية الجانب الشمالي قد سبقت في نشأتها أودية الجانب الجنوبي وبالتالي فإنها قطعت شوطاً لا بأس به في مرحلة التعرية النهرية وعلى الجانب الأخر فإن أودية الجانب الشرقي قد ارتبطت في نشأتها بنشأة أخدود البحر الأحمر وخليج العقبة وتكوين جبال البحر الأحمر التى تمثل المنابع لهذه الأحواض ، إلى جانب أن هذه الأودية قد تأثرت بعمليات التصدع التى أصابت الجانب الشرقي لحوض وادي وتير مقارنة بأودية الجانب الغربي التى لم يكن تأثرها بعمليات بالتصدع كبيراً ، ويبدو أن هناك عمليات أسر نهري قد حدثت للروافد الشمالية نتيجة لقوة انحدار وجريان الروافد الجنوبية فعملت على انضمام الروافد الشمالية لحوض الوادي الرئيسي ، وإن كان هذا الرأي يحتاج لمزيد من الدراسة .



شكل (٢-١٨) المرحلة الجيومورفولوجية لأحواض التصريف

سابعا : العلاقات بين متغيرات حوض التصريف ودلالاتها

بعد دراسة متغيرات حوض التصريف كل على حدة يجدر بنا أن ندرس العلاقات بين هـــذه المتغيرات ودلالتها ، ولذلك فقد قام الطالب بالتحليل الإحصائي لجميع متغيرات الحـــوض وعددهـــا سبعة عشر متغيرا يوضحها الجدول التالي :-

جدول (٢-٧)   متغيرات حوض التصريف المستخدمة فى التحليل الإحصائي

متغيرات تدرس الأبعاد المساحية والخطية	[illegible]	[illegible]
١-المساحة	٥-الاستطالة	١١-معدل التضرس
٢-الطول	٦-الاستدارة	١٢-درجة الوعورة
٣-العرض	٧- معامل الشكل	١٣-التضاريس النسبية
٤-المحيط	٨- معامل الاندماج	١٤-الرقم الجيومتري
	٩- معامل الانبعاج	١٥-درجة الانحدار
	١٠-نسبة الطول / العرض	١٦-متوسط الانحدار
		١٧-التكامل الهبسومتري

ونتيجة لزيادة عدد هذه المتغيرات فقد فضل الطالب استخدام الأساليب الإحصائية المتقدمـــة والتى تعمل على اختزال هذه المتغيرات ومعرفة العوامل التى أدت الـــى اختـــلاف قيـــم متغـــيرات حوض التصريف وكذلك يهدف هذا التحليل لتقسيم أحواض الروافد إلى فئات حسب درجة تجانســـها وتماثلها ولذلك سيستخدم الطالب أسلوبي التحليل الإحصائي التاليين :-

أ- التحليل العاملي Factor Analysis

ب-التحليل العنقودي Cluster Analysis (١)

أ- التحليل العاملي لمتغيرات أحواض التصريف

قام عدد كبير من العلماء باستخدام التحليل العاملي فى تحليل متغيرات حـــوض التصريـــف وشبكات التصريف نذكر منهم ابراهام (Abraham , 1972) وقام بتطبيقه على بعض أودية شرق استراليا ، ونيوسن (Newson , 1978) واستخدمه عند دراسته لبعض أوديـــة بريطانيـــا ، كمـــا استخدمه كل من دورنكامب وكنج (Doornkamp & King , 1971) فى دراستهما عـــن أوديـــة

---

(١) قام الطالب باستخدام البرنامج الإحصائي SPSS (Statistical Package For Social Sciences)

التصريف فى بعض مناطق أوغندا ، كما استخدمه التركماني (التركماني ، ١٩٩٨) فى دراسته عن أودية هضبة نجد بالمملكة العربية السعودية ، وقد هدفت هذه الدراسات جميعها لاختزال عدد المتغيرات الكثيرة فى صوره عدد من العوامل تفسر التباين والاختلاف بين البيانات ، وسيراً على هذا النسق فقد قام الطالب باستخدام هذا الأسلوب للوصول إلى عدد قليل من العوامل التى تفسر اختلاف أحواض التصريف عن بعضها .

وقد تمت عملية استخدام التحليل العاملي بعدة خطوات هي :-

١- إعداد البيانات وإدخالها إلى الحاسب الآلي باستخدام برنامجي SPSS و Statistica.

٢ - عمل المصفوفة الارتباطية بين المتغيرات واختبارها أي معرفة هل الارتباط بين المتغيرات قوى ام لا إذ يجب أن يكون الارتباط بين المتغيرات كبيراً نسبياً فلا يعقل عمل المصفوفة العاملية بين متغيرات لا يوجد ارتباط بينها ، ووجد الطالب أن أغلب المتغيرات ترتبط فيما بينها بعلاقات ارتباطيه قوية

٣ - تحديد عدد العوامل بخمسة عوامل تفسر نحو ٩٦ ٪ من تباين البيانات..

٤- معرفة قيم تشبع المتغيرات على العوامل وكلما زادت هذه القيمة عن ٠,٥٠ فى العلاقة العاملية دل ذلك على تأثر العامل بهذا المتغير .

٥- ترتيب العوامل حسب أهميتها وقيمة التباين

٦ - تسمية العوامل وترتبط هذه المرحلة بدقة اختيار المتغيرات ذات القيم المرتفعة فى العلاقة العاملية (اكبر من ٠,٥٠ بغض النظر عن الإشارة) (فرج ، ١٩٨٠ ، ص ص١٦٥-١٦٧) ، ثم دمج المتغيرات معا للحصول على اسم مناسب لكل عامل على حده .

١-وتتضح نتائج التحليل العاملي من خلال الجدول التالي (٢-٨) .

وقد تم استخراج العوامل الآتية :

العامل الأول :

ومن الممكن أن نطلق عليه عامل **الأبعاد المورفومترية** ، وقد بلغت نسبة التباين العاملي لهذا العامل ٤٤,٥ ٪ وهذا يعنى أن هذا العامل مسئولاً بنسبة ٤٤,٤٪ عن تباين البيانات ، ويؤثر فى العامل **ستة متغيرات رئيسية هى على الترتيب حسب قيم تشبعها ، المساحة والرقم الجيومتري ،** والطول ، والمحيط ، والعرض ، ودرجة الوعورة ، ويتضح من المصفوفة العاملية أن هذه المتغيرات ذات ارتباط وثيق ببعضها البعض كما إنها ذات ارتباط موجب وذلك مقارنة بارتباطها مع المتغيرات المكونة للعوامل الباقية ويلاحظ أن أربعة متغيرات من الستة تمثل الأبعاد المساحية والخطية للأودية وتشكل نحو ٦٦٪ من جملة المتغيرات المتشبعة مع العامل ، أما المتغيرين

الاحرين ، وهما درجة الوعورة والرقم الجيومتري فان وجودهما ضمن هذا العامل يظهر ارتباط الأبعاد الخطية والمساحية لحوض التصريف بتضرس الحوض والمرحلة الجيومورفولوجية التى يعيشها .

جدول (٢-٨) **المصفوفة العاملية لمتغيرات أحواض الروافد بوادي وتير**

المتغير	الأول	الثاني	الثالث	الرابع	الخامس	الملاحظات
المساحة	٠,٩٣٨	٠,١٥٦-	٠,١٢٣	٠,١٠٣-	٠,٠١٥٦	المتغيرات التي تؤثر في العامل الأول "الأبعاد المورفومترية"
الرقم الجيومتري	٠,٩٢٥	٠,٣٢٩-	٠,٠٣٣	٠,٠٩٥	٠,٠٨٩-	
الطول	٠,٩١٨	٠,٣٣٠-	٠,٠١٦	٠,١٣٩	٠,١٠٤-	
المحيط	٠,٩١٣	٠,٣٢٧-	٠,١٣٦	٠,١٥٢	٠,٠٨٩-	
العرض	٠,٨٣٩	٠,٣٣٣-	٠,٣٣٤	٠,٠٨١	٠,٠٢٩-	
درجة الوعورة	٠,٨٠٨	٠,٢٠٨	٠,١٢٤-	٠,٢٥٢	٠,١٦٩-	
نسبة التضرس	٠,٢١٤-	٠,٩٥٠	٠,١٨٤	٠,١٠٨-	٠,٠٠٧-	المتغيرات التي تؤثر في العامل الثاني "العامل التضاريسي"
درجة الانحدار	٠,٢١٦-	٠,٩٥٠	٠,١٨٢	٠,١٠٨-	٠,٠٠٧-	
موسط الانحدار	٠,٢١٥-	٠,٩٤٩	٠,١٨٥	٠,١٠٧-	٠,٠٠٨-	
التضاريس النسبية	٠,٢٤١-	٠,٩٣٩	٠,٠٣٦	٠,١٨٤-	٠,٠٢١	
الاستطالة	٠,٠٩٩	٠,١٨٤	٠,٩٦٦	٠,٠٨٢-	٠,٠٥٧-	المتغيرات التي تؤثر في العامل الثالث "عامل شكل الحوض"
معامل الشكل	٠,٠٩٢	٠,٢١٥	٠,٩٥١	٠,٠٣٥-	٠,٠٤٩-	
معامل الانبعاج	٠,٠٨٢-	٠,٠٩٥-	٠,٩٠٥-	٠,١٦٧	٠,١٠٤	
نسبة الطول/العرض	٠,١٠٨-	٠,٠١٦-	٠,٨٩٠-	٠,٣٣٤	٠,١٠٤	
معامل الاندماج	٠,٢٤٢	٠,٢٩٤-	٠,٤٤٩-	٠,٧٨٩	٠,١٢٨-	متغيرات العامل الرابع
الاستدارة	٠,٢٧٠-	٠,٤١١	٠,٤٢٨	٠.٧٤٢-	٠,٠٦٢	
التكامل الهبسومتري	٠,٢١٢-	٠,٠٠٣-	٠,٢٢٥-	٠,٠٩٣-	٠,٩٤٢	متغيرات العامل الخامس "عامل المرحلة"
الجذر الكامن	٧,٥٦	٥,٠٨٩	٢,٠٨٤	١,٠١٦	٠,٥٥١	
نسبة التباين العاملي ٪	٤٤,٥	٢٩,٩	١٢,٣	٦	٣,٢	
نسبة التباين التراكمية ٪	٤٤,٥	٧٤,٤	٨٦,٧	٩٢,٧	٩٥,٩	

العامل الثانى :

يمكن أن نطلق عليه **العامل التضاريسي** ، وقد بلغت نسبة التبـاين العــاملي لــهذا العــامل ٢٩,٩٪ ويمثل مع العامل الأول ٧٤,٤٪ من نسبة التباين وقد استقطب هذا العامل أربعة متغــيرات وقيمها تدور كلها حول ٠,٩٣ ، وهذه المتغيرات هى على الترتيب نسبة التضرس ودرجة الانحــدار ومتوسط الانحدار والتضاريس النسبية ، ويلاحظ أن جميع المتغيرات المتضمنة داخله تقيس درجــة تضرس الحوض ، ومن ثم فان هذه المتغيرات ترتبط فيما بينها ارتباطاً وثيقاً مقارنــــة بــالمتغيرات الاخرى التى تقيس درجة تضرس الحوض ، مثل درجة الوعورة والرقم الجيومتري ، وبناء علــى ذلك يمكن القول أن أهم المتغيرات التى تقيس درجة تضرس الحوض وتتوافــق فيمــا بينــها هــى المتغيرات الأربعة السابقة التى تشكل هذا العامل .

العامل الثالث :

ونستطيع ان نسميه عامل **شكل الحوض** ، وقد استقطب هذا العامل نحو ١٢,٣ ٪ من نســبة التباين ويشكل مع المتغيرين السابقين ٨٦,٧٪ من نسبة التباين التراكمية وقد استقطب هــذا العــامل أربعة متغيرات كسابقه تزيد قيم تشبعها عن ٠,٨٠ وهذه المتغيرات هى الاستطالة ومعامل الشــكل ومعامل الانبعاج ونسبة الطول /العرض ، ويلاحظ ان هذا العامل يتضمن متغيرين ذوى قيم ســالبة ، وهما معامل الانبعاج ونسبة الطول / العرض حيث بلغت نسبة تشبعهما -٠,٩٤ ، -٠,٨٩ ولذلــك يطلق عليه احصائيا عاملاً قطبيا (التركماني ، ١٩٩٨ ، ص ١٠٣) ، ويشير هذا العــامل أولا إلــى ارتباط هذه المتغيرات ببعضها ، كما يشير من جهة أخرى إلى أن زيادة قيمة استطالة الحــوض - وهذا يعنى اقتراب شكل الحوض من الشكل الدائري- ومعامل شكله يتبعها بالضرورة انخفاض فـى قيم معامل الانبعاج وهذا يعنى قلة تفلطح الحوض ونسبة الطول / العرض .

العامل الرابع :

وقد استقطب هذا العامل بنحو ٩٪ من نسبة التباين ويفسر مــع العوامــل الثلاثــة الســابقة ٩٢,٧٪ من التباين بين البيانات ، ويتضمن هذا العامل متغيرين فقط هما معامل الاندماج والاستدارة **ويعتبر عاملا قطبيا حيث أن أحد المتغيرات له إشارة سالبة وهو الاستدارة ، ممــا يــدل علــى ان** الأحواض التى تتميز بقيم اندماج مرتفعة - أي الأحواض التى تتميز بزيادة تعرجات محيطها وعــدم انتظام شكل الحوض - تتميز هذه الأحواض بقيم استدارة منخفضة أي أن هذه الأحواض لا تميــل إلى الشكل الدائري المنتظم وبالتالي تعرج خطوط تقسيم المياه بهذه الأحــواض وارتفــاع معــدلات الأسر النهري .

العامل الخامس

ويفسر هذا العامل أقل من ٥٪ من نسبة التباين ، ويمكن تسميته عامل المرحلة الجيومورفولوجية وقد استقطب العامل الخامس متغير واحد فقط هو التكامل الهبسومتري بنسبة تشبع ٠,٩٤ ، وهذا المتغير يحدد المرحلة الجيومورفولوجية لحوض التصريف كما رأينا سلفاً .

كما تشير قيم تشبعات هذا المتغير على العوامل المختلفة إلى عدم ارتباطه بأي من متغيرات حوض التصريف .

ومن الممكن القول أن هناك أربعة عوامل رئيسية هي عوامل (الأبعاد المورفومترية – العامل التضاريسي – عامل شكل الحوض – عامل المرحلة الجيومورفولوجية) تتضامن فيما بينها لتوثر على تباين متغيرات حوض التصريف بحوض وادي وتير وتفسير هذه العوامل الأربعة مجتمعة ٩٢,٧٪ من مقدار التباين أما النسبة الباقية ٦,٩٪ تفسرها عوامل أخرى كثير مثل الخصائص الجيولوجية والمناخية وغيرها .

ب – التحليل العنقودي لأحواض التصريف **Cluster Analysis**

بعد دراسة التحليل العاملي يجب علينا أن نصنف أحواض التصريف إلى عدد من الفئات بناءا على متغيرات حوض التصريف التى سبق الإشارة إليها .

وقد استخدم كل من (Doornkamp,&,King,1971,pp.97-99) هذا الأسلوب لتصنيف نحو ١٣٠ مجرى من الرتبة الثالثة فى أوغندا .

وهذا الأسلوب الإحصائي الرياضي يقوم على حساب المسافة Distance بين كل متغيرات حوض التصريف وبناءا على قيمة هذه المسافة والتي يطلق عليها ايضا معامل التشابه Similarity Coefficient يتم تقسيم الأحواض (المفردات) إلى فئات أو مجموعات Clusters تضم كل فئة الأحواض المتشابهة او قريبة التشابه من بعضها بناءا على قيم المتغيرات المختلفة ومن اشهر الطرق التى يعتمد عليها التحليل العنقودي الطريقة الهيراركية ، وعلى سبيل المثال إذا كان لدينا ٥ **متغيرات ويلزم عمل تحليل عنقودي لهم بالأسلوب الهيراركي فإننا نتبع الخطوات التالية :**

١-حساب مصفوفة المسافات Distances بين كل متغير والأخر ونفترض إنها كانت كما يلي

جدول (٢-٩) مصفوفة المسافات بين بعض المتغيرات الافتراضية

المتغير	١	٢	٣	٤	٥
١	-				
٢	٢	-			
٣	٦	٥	-		
٤	١٠	٩	٤	-	
٥	٩	٨	٥	٣	-

٢- وبناءا على قيم المسافات فى المصفوفة يبدأ عمل المجموعات كالتالي :-

ا - عند المسافة صفر فان كل المفردات الخمس تكون مستقلة حيث لم تسجل المسافة بين أي متغير والاخر القيمة صفر .

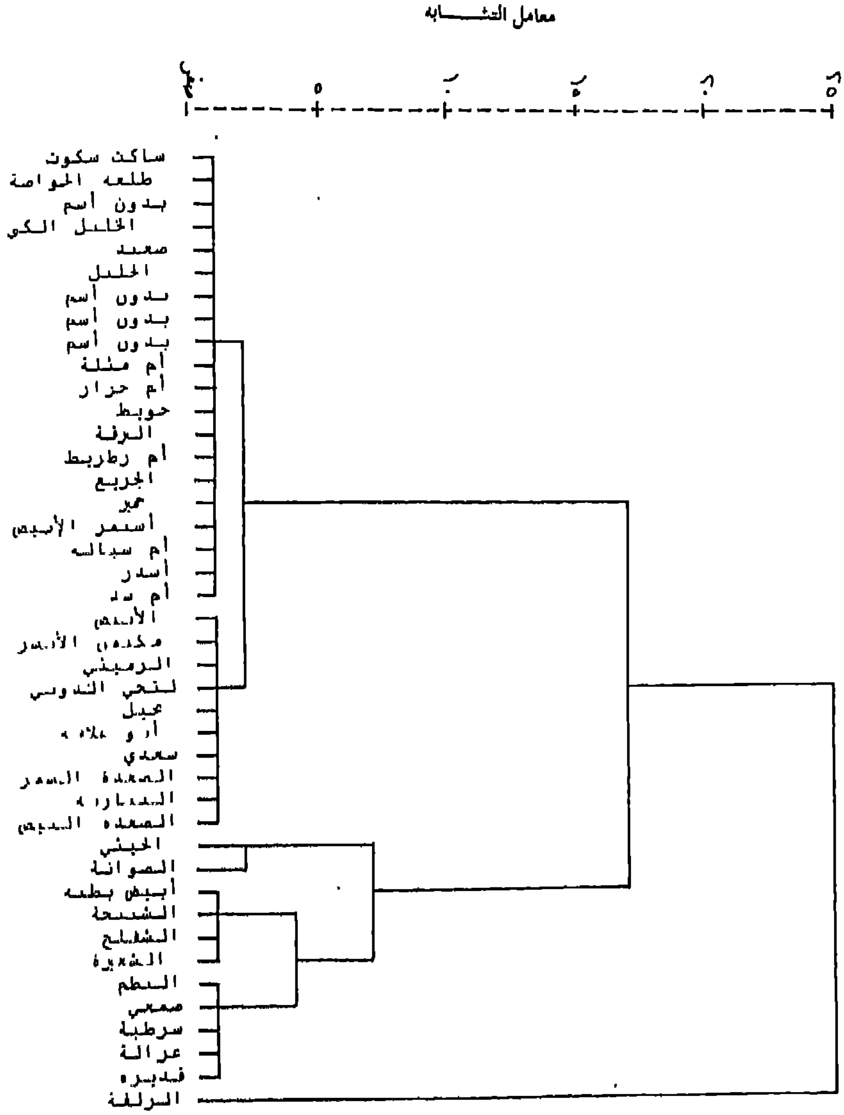
ب - عند المسافة ٢ نجد ان المفردات الأولى والثانية تمثل مجموعة وتمثل بقية المفردات ثلاث مجموعات مستقلة .

ج - عند المسافة ٣ يصبح لدينا ثلاث مجموعات : (الأولى والثانية) (والثالثة) (والرابعة والخامسة) .

وهكذا حتى نحصل على الجدول التالي :

المسافة	المجموعة
صفر	1.2.3.4.5
٢	(1.2) 3.4.5
٣	(1.2).3.(4.5)
٤	(1.2) (3.4.5)
٥	(1.2.3.4.5)

ويوضح الشكل البياني رقم (٢-١٩) كيفية التصنيف الإحصائي لأحواض التصريف . فعندما كان معامل التشابه يساوى صفرا فان جميع الأحواض تكون مستقلة ولا توجد أي مجموعات حيث ان معامل التشابه بين أي حوض وأخر يجب ان يكون أكثر من الواحد الصحيح ، وكلما زادت قيمة المسافة تبدأ المجموعات فى التكون والظهور .



شكل (٣-١٩) التحليل العنقودي الشجري لأحواض الروافد

وقد وجد الطالب أن أحواض الروافد يمكن تقسيمها إلى المجموعات التالية :-

جدول (٢-١٠) نتائج التحليل العنقودي لأحواض الروافد[١]

المجموعة	عدد الأودية
الأولى	٣٠
الثانية	٩
الثالثة	٢
الرابعة	١
الإجمالي	٤٢

ومن خلال جدول (٢-١٠) وشكل (٢-٢٠) يتضح ما يلي :-

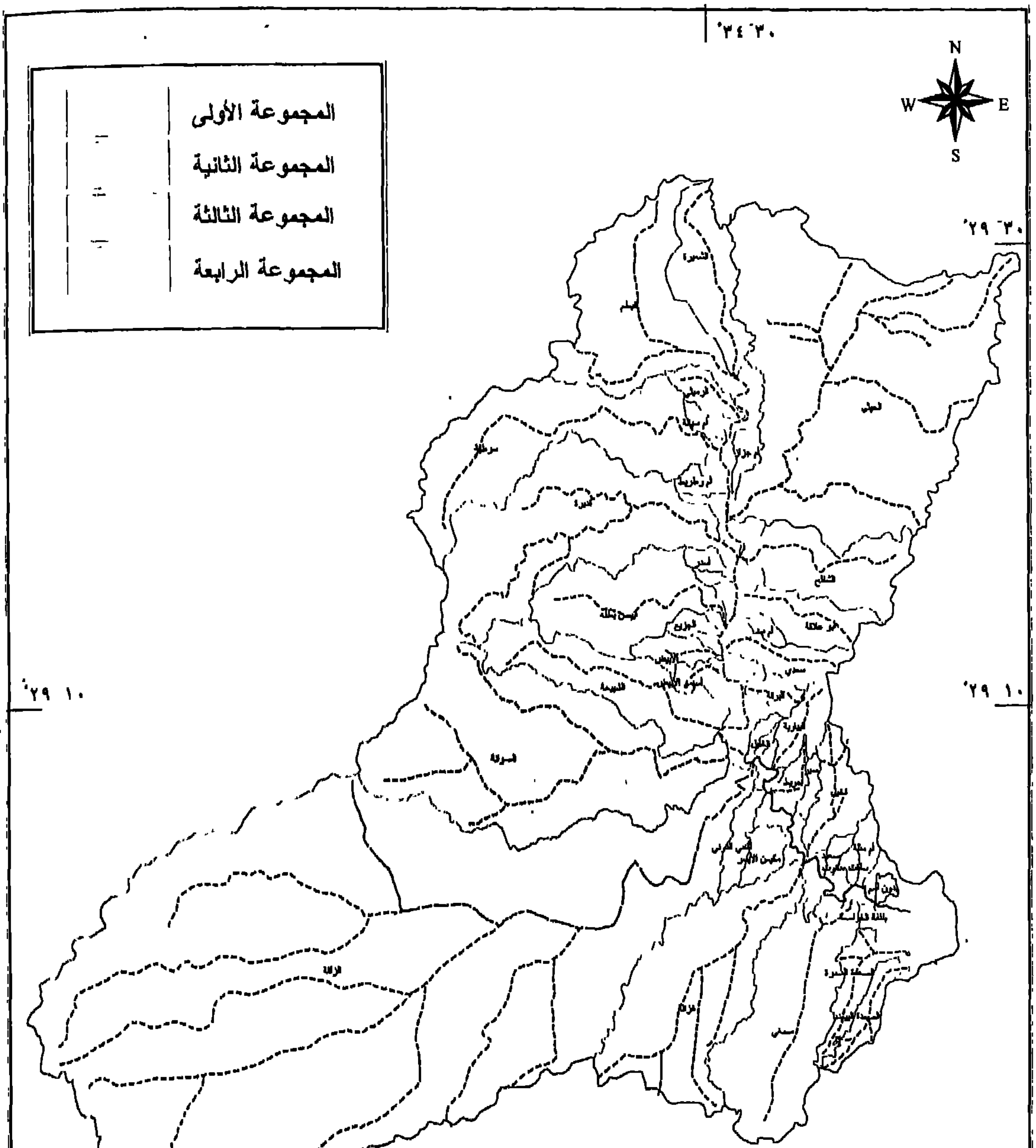
تضم المجموعة الأولى نحو ٣٠ واديا بنسبة ٧١,٥٪ من إجمالي أعداد أحواض الروافد ، وتتركز اغلب هذه الأحواض على الجانب الشرقي باستثناء حوض الشفلح والحيثي ، كما تضم هذه المجموعة أحواض التصريف الصغيرة على الجانب الغربي ، ويلاحظ ان جميع هذه الأودية صغيرة المساحة وان معظمها يجرى فوق الصخور النارية ، كما ان هذه الأودية لا تصل مجاريها الرئيسية إلى اكثر من الرتبة الخامسة او السادسة كما تتميز هذه الأودية بشدة انحدار مجاريها وجوانبها شديدة الانحدار ، وبمقارنة هذه الأودية مع خريطة المرحلة الجيومورفولوجية شكل (٢-١٨) ، نجد أن معظم هذه الأودية فى مرحلة الشباب ، ومعظم حمولة هذه الأودية من الحمولة الخشنة والكتل كبيرة الحجم ويرجع ذلك إلى شدة انحدار جوانب هذه الأودية ، كما تتميز المجاري الرئيسية لهذه الأودية بقلة أطوالها وبالتالي فان المسافة التى تقطعها الحمولة قصيرة نسبيا ولا تسمح بتهذيب الكتل الكبيرة وصقل جوانبها ، كما أن أودية هذه المجموعة لا تميل إلى تكوين مراوح كبيرة على عكس الأحواض الكبيرة الأخرى حيث تصب هذه الأودية فى المجرى الرئيسي بفتحات ضيقة ، وقد تأثرت مجارى هذه الأودية بعمليات التصدع حيث تتميز مجاريها بالاستقامة وشدة انحدار جوانبها .

وقد ضمت المجموعة الثانية تسعة أحواض هى :-

الشفلح - الشعيرة - البطم - سرطبة - قديرة - أبيض بطنه - الشبيحة - غزالة - صمغي ، وتقع جميع هذه الأودية غربي مجرى وادي وتير باستثناء وادي الشفلح الذى يقع شرق المجرى الرئيسي ، كما أن هذه الأودية تقع فى نطاق الصخور الرسوبية باستثناء وادي صمغي

---

(١) تم إضافة الروافد الرئيسية لحوض وادي وتير الأعلى



شكل (٢-٢٠) التحليل العنقودي لأحواض التصريف

وأجزاء كبيرة من وادي غزالة حيث تقع ضمن الصخور النارية ، وقد استطاعت هذه الأودية ان تكون أحواضاً كبيرة المساحة نسبياً مقارنة بالمجموعة السابقة ، كما ان هذه الأودية تمتد جميعها حتى تصل إلى خط تقسيم المياه لحوض الوادي الرئيسي ، وبالتالي فان منطقة تجميع مياه الأمطار Catchment Area تكون أكبر ، كما تتميز هذه الأودية بزيادة أطوال مجاريها الرئيسية ، كما تصل مجاريها الرئيسية إلى الرتبة السابعة مثل وادي الشعيرة والبطم ، وتكون هذه الأودية مراوح فيضية اكبر من أودية المجموعة السابقة ، كما تتميز هذه الأودية بقلة الانحدار بصفة عامة.

وتضم **المجموعة الثالثة** حوضين فقط هما : الحيثي والصوانة ويمثل هذان الواديان مع بعض الأودية الأخرى الروافد الرئيسية لحوض وادي وتير الأعلى ، ويصب الواديان فى المجرى الرئيسى بمصبات واسعة ويكونان مراوح فيضية كبيرة ، كما يتميز الواديان بسمات كثيرة جعلتهما يشتركان فى مجموعة واحدة مثل الانحدار والمرحلة الجيومورفولوجية والطول ... الخ ، وبعض المتغيرات الأخرى .

أما **المجموعة الرابعة** والأخيرة فإنها تضم وادي واحد فقط وهو وادي الزلقة ولا شك ان اختلاف وتباين قيم متغيرات هذا الوادي جعلته يمثل بمفرده مجموعة مستقلة ، إذ أنه يمثل نحو ثلث مساحة الوادي الرئيسي كما يتميز بطول مجراه الرئيسي ، وتنتشر الآبار بالقرب من مصب الوادي، كما يكثر وجود الشجيرات فى قاع مجراه المتسع ..ويبدو أن هذا الوادي قد قطع شوطاً كبيرا فى مرحلة التعرية النهرية ، حيث استطاع الوادي ان يضبط انحداره ويوسع مجراه الرئيسي.

الخلاصة:-

١- تبلغ مساحة حوض وادى وتير نحو ٣٥٩٣كم٢ وهو بذلك يعد أكبر الأحواض التى تصب فى خليج العقبة مساحة، وقد أثرت هذه المساحة الكبيرة على شبكة التصريف بالحوض.

٢- يتالف الوادى من ١٩ رافدا بالإضافة إلى الوادى الرئيسي (وتير الأدنى) ويعد واديا الزلقة ووتير الأعلى من أكبر أحواض الروافد مساحة ويشغلان أكثر من ٨٠٪ من المساحة الإجمالية للحوض،

٣- جاءت العلامة قوية وموجبة بين المساحة والرتب النهرية وبلغ معامل الارتباط ٠,٧٤ ، بمعنى أن الرتب الأقل تتسم بصغر مساحاتها بعكس الأودية ذات الرتب الأعلى التى تتسم بكبر مساحة أحواضها.

٤- بلغ أقصى طول لحوض وادى وتير نحو ٧٧ كم.بينما بلغ أقصى عرض نحو ١٠٨كم فى حين بلغ طول خط تقسيم المياه (المحيط) نحو ٣٧٠كم ، ولا شك أن هذه الأبعاد تؤثـــر علــى شكل الحوض وخصائصه الجيومورفولوجية المختلفة .

٥- بلغت نسبة الاستطالة لوادى وتير نحو ٠,٨٧ بينما بلغت نسبة الاستدارة ٠,٣٣ وهذا يعنــى ابتعاد شكل الحوض من الشكل المستطيل وأن شكل الحوض يميل إلى الانبعاج وعدم الانتظام ، ولكن دراسة معامل الشكل تشير إلى اقتراب شكل الحوض من شكل المربع ، كذلك تم دراســة معامل الانبعاج والاندماج ونسبة الطول/العرض.

٦- يمثل تضرس حوض التصريف المحصلة النهائية لعمليات التعرية ولذلك تم دراســة بعــض المعاملات التى تقيس تضرس الحوض مثل نسبة التضرس حيث سجل وادى وتير نحو ٠,٠٢٠ وقد ارتفعت نسبة التضرس فى بعض أحواض الروافد مثل أحواض أم مثله ، صعيد ، مكيمــن الأيسر.

٧- تتراوح درجات الانحدار فى وادى وتير بين صفر - ٥٠ مع وجود بعض الجافات التى يزيد انحدارها عن ٨٠ درجة ، وتتركز الانحدارات الشديدة فى الجــزء الجنوبــى والشــرقى مــن الحوض بينما تتركز الانحدارات المتوسطة والخفيفة فى القسم الأوسط والأعلى مــن الحــوض وبصفة عامة فقد بلغ متوسط انحدار وادى وتير نحو ١,١٧ درجة.

٨- بدراسة منحنى التكامل الهبسومتري لحوض وادى وتير وروافده اتضح أن وادى وتير يمــر بمرحلة النضج المبكر حيث بلغت قيمة التكامل الهبسومتري نحو ٠,٥٩ ولكــن هــذا لا ينفــى وجود بعض الأجزاء من الحوض التى تمر بمرحلة الشباب بكل خصائصها الجيومورفولوجيــة، أما أحواض الروافد فإنها تتدرج بين مرحلتى الشباب والنضج ولكن بصفة عامة فإن الأحــواض الجنوبية الصغيرة تمر بمرحلة الشباب بينما تمر الأحواض الشمالية بمرحلة النضج.

٩- بدراسة العلاقات بين متغيرات حوض التصريف اتضح أن هناك مجموعــة مــن العوامــل المؤثرة على متغيرات حوض التصريف وهذه العوامل حسب أهميتــها هــى عــامل الأبعــاد المورفومترية والعامل التضاريسى وعامل الشكل .

١٠- **اتضح من خلال التحليل العنقودى للروافد الرئيسية أن الأودية الجنوبية والشرقية تتشابه فــى** خصائصها وتجمعها مجموعة واحدة ، أم الروافد الشمالية فتميل إلى تشابهها فــى الخصــائص المختلفة ولذلك فقد شكلت مجموعة واحدة ، ويمثل وادى الزلقة واحدة بمفرده لما يتسم به مــن خصائص تختلف عن بقية أحواض الروافد .

الفصل الثالث

شبكة التصريف

أولا : التحليل المورفومتري لشبكة التصريف

أ – أعداد المجاري ب – نسبة التشعب ج – أطوال المجاري

د – المسافات بين المجاري هـ – اتجاهات المجاري و – تكرارية المجاري

ز – معدل بقاء المجاري ح – نسبة النسيج الطبوغرافي

ط – كثافة التصريف

ثانيا : أنماط التصريف

أ- النمط الشجري ب- النمط المستطيل ج- النمط الإشعاعي

د- النمط المركزي هـ - النمط المتوازي و- النمط المتشابك

ز- النمط الشائك

ثالثا : أنماط التصريف طبقا لميل الطبقات

أ- نمط الأودية التابعة ب- نمط الأودية التالية ج- نمط الأودية العكسية د – نمط الأودية الصدعية

رابعا : العلاقة بين متغيرات الشبكة ومتغيرات حوض التصريف

أ – التحليل العاملي ب – التحليل العنقودي ج – تحليل التمايز

خامسا : العوامل المؤثرة على الأحواض وشبكات التصريف

أ – نوع الصخر والبنية الجيولوجية ب – التضاريس

ج – المناخ د – المرحلة الجيومورفولوجية

مقدمة

تعد شبكة التصريف هى المحصلة النهائية للظروف البنيوية والمناخية والصخرية لأي حوض تصريف، حيث يعتمد شكل شبكة التصريف والعلاقات فيما بينها على نوع الصخر وخصائصه من حيث المسامية والنفاذية ، كما تعتمد شبكة التصريف على نظام بنية الصخر من حيث الإنكسارات والإلتواءات والفواصل ، كما تتأثر شبكة التصريف بالتاريخ الجيولوجي للإقليم من حيث حركات التصدع والالتواء وحركات الرفع ، كذلك تتأثر شبكة التصريف بالظروف المناخية وخاصة عنصر المطر من حيث كميته وفاعليته وفصليته ، كما أن المرحلة الجيومورفولوجية ذات تأثير كبير على شبكة التصريف ، (أبو العينين، ١٩٧٦، ٤٥٦).
وسوف تتم دراسة شبكة التصريف من خلال ما يلي :

أولا : التحليل المورفومتري لشبكة التصريف :

تقوم دراسة شبكة التصريف على حساب مجموعة من المتغيرات المورفومترية التي يمكن الحصول عليها مباشرة من الصور الجوية والخرائط أو التي يتم حسابها من خلال العلاقات الرياضية المختلفة، وبعد ذلك تصنيف شبكات التصريف طبقا للعلاقات فيما بينها.

ويعد هورتون، (Horton, 1945,p.281-283) ، من أوائل الباحثين الذين قاموا بدراسة مورفومترية شبكة التصريف وقد قام بتصنيف الشبكة إلى مجموعة من الرتب النهرية وإنشاء علاقات هندسية فيما بينها، وقد قام سترالر بتعديل نموذج هورتون لشبكة التصريف عام ١٩٥٣، وبالتالي توصل إلى مجموعة جديدة من العلاقات والقوانين بين متغيرات الشبكة وقام بربطها بنوع الصخور.

وقد فضل الطالب استخدام طريقة سترالر لشيوعها وسهولتها ، وتتلخص هذه الطريقة في تصنيف مجارى شبكة التصريف إلى رتب نهرية بحيث أن المجارى التي لا تصب فيها أية روافد أخرى تعتبر مجارى الرتبة الأولى، وبالتقاء مجريين من الرتبة الأولى ينشأ مجرى من الرتبة الثانية وبالتقاء مجريين من الرتبة الثانية ينشأ مجرى من الرتبة الثالثة وهكذا.

وعلى الرغم من القصور في هذه الطريقة (Doornkamp& King, 1971, P.4) إلا أنها تعد من الطرق البسيطة ، وهناك مجموعة من النماذج الأخرى لتصنيف الرتب النهرية من أشهرها النموذج الذي قدمه سمارت (Smart, 1977, Pp. 134-139) والذى اعتمد فيه على قياس المتغيرات لثلاثة عناصر في الشبكة وهى الوصلات Link والمسارات Path والشبكة Network ، ودراسة

العلاقات فيما بينها ، وقد استطاع سمارت بتقديم هذا النموذج أن يحسب متوسط زمن وصول المياه إلى مخرج الشبكة Mean time of travel (M.T.T)، وهو ما لم يقدمه نموذجا هورتون وسترالر .

كما توجد بعض النماذج الأخرى مثل نموذج شيدجر (Scheidegger, 1965) ونموذج وولندبرج (Woldenberg, 1966) ونموذج شريف (Shereve, 1967)، وكانت جميع هذه النماذج تهدف إلى معالجة أوجه القصور في نموذجي هورتون وسترالر .

وهناك عقبات كثيرة تواجه الباحث عند تحديد وتصنيف شبكة التصريف وبالتالي تؤثر على العلاقات الرياضية بين متغيرات الشبكة ، فعلى سبيل المثال زيادة عدد المجاري النهرية فوق منحدرات الصخور العادية ذات الشقوق والفواصل الكثيرة مقارنة بالمنحدرات المجاورة والتي قد يكسوها النبات الطبيعي ، فالمنحدرات الأولى تزيد فيها أعداد مجاري الرتبة الأولى والثانية وبالتالي يؤثر ذلك على تجانس تصنيف الشبكة ، كما أن التقاء مجريين من رتبة واحدة في نقطة واحدة مع الرتبة الأعلى يؤدي إلى اختفاء رتبة كاملة ، كما أن المجاري المتقطعة Discontinuous تمثل مشكلة أخرى وخاصة في مناطق الصخور الجيرية حيث تنتشر ظاهرة الكارست ، كما أن تشعب المجرى الواحد إلى مجاري فرعية يمثل مشكلة أخرى يمكن تجنبها باختيار مجرى أوسط ، كما أن المناطق التي تتميز بانتشار ظاهرة الأسر النهري River Capture يصعب تصنيف الرتب النهرية بها ، (Doornkamp & king, 1971, p.8) .

وعلى الرغم من كل العقبات السابقة والتي من الممكن أن تواجه الباحثين عند تصنيف المجاري النهرية إلى مجموعة من الرتب فإن عملية التصنيف والعلاقات بين عناصر الشبكة تسهم إلى حد كبير في فهم الخصائص الجيومورفولوجية لحوض التصريف وتحديد أنماط التصريف واحتمالية الفيضان وحجم وكمية الرواسب .

وقد قام الطالب بتحديد ورسم شبكة التصريف من الصور الجوية المصححة "الموزايك" المتاحة بمقياس ١ : ٥٠,٠٠٠ كما تمت الاستعانة بالخرائط الطبوغرافية بمقياس ١: ٥٠,٠٠٠ وذلك لرسم الرتب العليا وكذلك لمقارنتها بالصور الجوية المستخدمة ، كما تمت الاستعانة بإحدى المرئيات الفضائية(١) والتي أفاد منها الطالب كثيرا عند تحديد أنماط التصريف .

وقد تم تحديد الرتب النهرية بناءا على عدد من الأسس كما حددها سترالر (Strahler, 1957, p.914) وهي :

١- تشمل شبكة التصريف كل المجاري دائمة الجريان أو متقطعة الجريان والتي لها جوانب واضحة، ومن المعروف أن شبكة تصريف وادي وتير في الوقت الحاضر هي شبكة متقطعة

---

(١) المرئية الفضائية التي تم الاستعانة بها من نوع (LandSat TM "6Bands"1984)

الجريان حيث تتميز المنطقة بجفافها ولا تسقط الأمطار على الحوض إلا بصورة عشوائية وغير منتظمة، كذلك فقد تم استبعاد المناطق ذات التصريف الداخلي والتى لا تنتهي إلى شبكة التصريف الرئيسية ويتمثل ذلك في منطقة صغيرة في جنوب حوض التصريف.

٢- تعتبر المجارى الصغيرة (أطراف الأصابع Fingertips) والتى لا يصب فيها أية مجارى أخرى تعتبر مجارى من الرتبة الأولى .

٣- التقاء مجريين من الرتبة الأولى يكونان مجرى من الرتبة الثانية .

٤- يمثل المجرى الرئيسي أعلى رتبة نهرية حيث تصل إليه المياه والرواسب من بقية مجارى الشبكة.

أ - أعداد المجارى **Stream Number:**

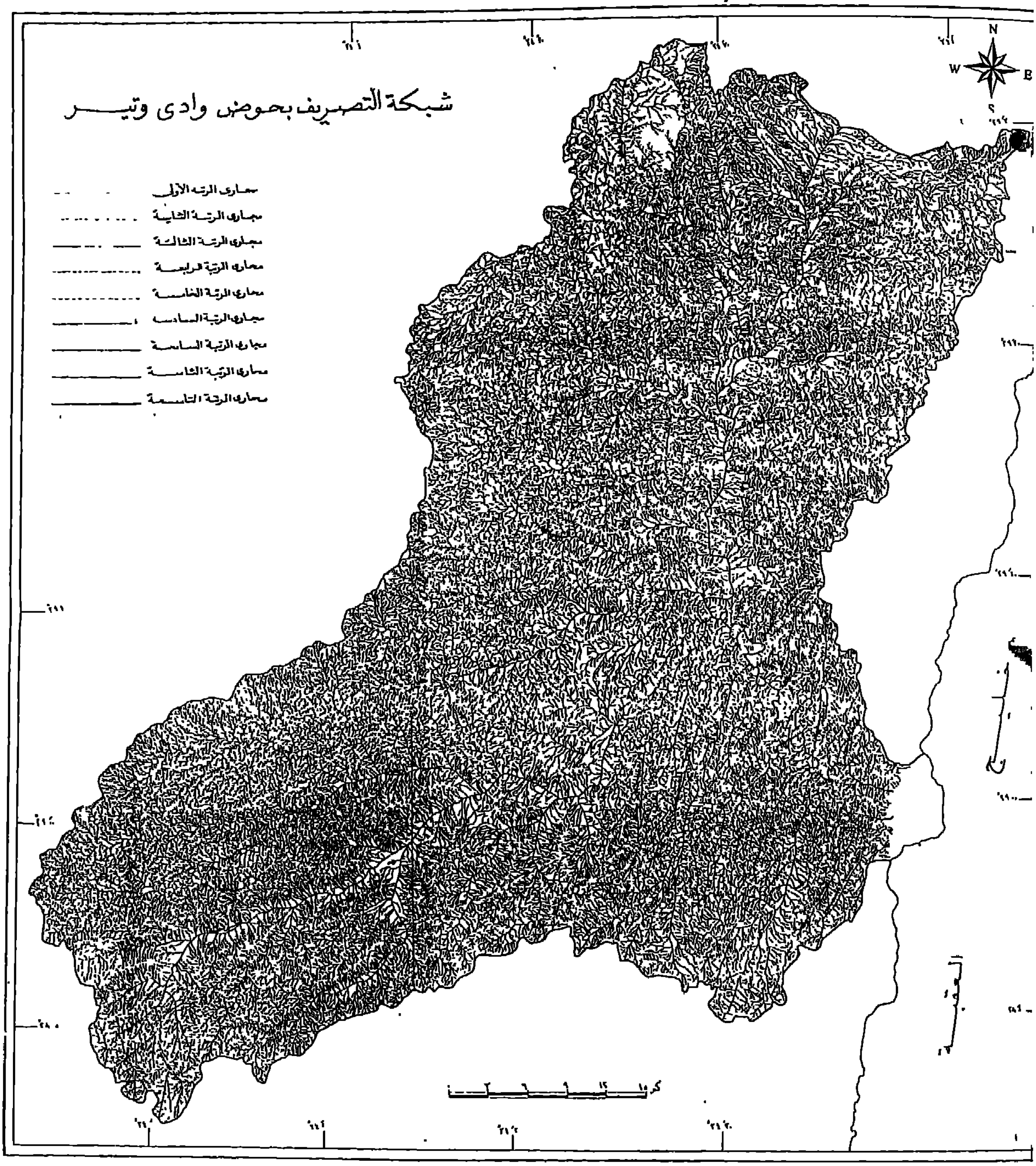
تم اختيار الروافد الرئيسية للوادي بناءا على عدة اعتبارات هى :-

١- أن تصب مباشرة في المجرى الرئيسي الذي تصل رتبته إلى الرتبة التاسعة

٢- ألا تقل رتبة أى رافد من الروافد المختارة عن الرتبة الرابعة.

٣- وبناءا على ما سبق فقد تم تحديد ١٩ رافدا تحقق الشروط السابقة بالإضافة إلى الوادي الرئيسي والذي أطلق عليه الطالب أسم وتير الأدنى تميزا له عن الرافد الرئيسي والذي أطلق عليه وتير الأعلى .

- يبلغ إجمالي عدد مجارى وادي وتير ٥٥٧٠٥ مجرى ، وقد بلغ إجمالي عدد المجاري التى تقل عن الرتبة الرابعة وتصب مباشرة في المجرى الرئيسي نحو ٦٤٧ ، جدول (٣-١) .
- يصل المجرى الرئيسي لوادي وتير إلى الرتبة التاسعة وذلك عند التقاء وادي الزلقة (الرتبة الثامنة) مع مجرى وادي وتير الأعلى (الرتبة الثامنة) ، ويبلغ طول المجرى الرئيسي والذي أطلق عليه الطالب أسم (وتير الأدنى) ابتداء من نقطة الالتقاء السابقة ، وحتى مخرج الوادي نحو ٣٥ كم ويصب فيه عدد من الروافد ذات رتب نهرية من الأولى وحتى الثالثة ، شكل (٣-١) .
- بلغ إجمالي عدد مجارى الرتبة الأولى نحو ٤٢٦٩٠ مجرى بنسبة ٧٦,٦ ٪ من إجمالي عدد المجارى في الحوض ، ويعد وادي وتير الأعلى من أكبر الأودية استحواذا على مجارى الرتبة الأولى إذ بلغ عددها ١٨٧٥١ بنسبة ٤٤ ٪ من إجمالي مجارى الرتبة الأولى ويليه وادي الزلقة بنسبة ٤٣٪ ثم وادي غزالة بنسبة ٣,٧ ٪ ثم وادي صمغي بنسبة ٣,١ ٪ تقريبا.
- يبلغ عدد مجارى الرتبة الثانية نحو ١٠٤٣١ مجرى بنسبة ١٨,٧ ٪ من إجمالي أعداد المجارى، ويتصدر وادي وتير الأعلى قائمة الأودية الأكثر استحواذا على مجارى هذه الرتبة إذ بلغ



شبكة التصريف بحوض وادى وتيـــر
مجارى الرتبه الأولى
مجارى الرتبة الثانية
مجارى الرتبة الثالثة
مجارى الرتبة الرابعة
مجارى الرتبة الخامسة
مجارى الرتبة السادسة
مجارى الرتبة السابعة
مجارى الرتبة الثامنة
مجارى الرتبة التاسعة
N
W
E
S

عدد مجارى الرتبة الثانية نحو ٤٨٦٢ بنسبة ٤٦ ٪ ويليه وادي الزلقة بنسبة ٤١ ٪ ثم أودية غزالة وصمغي بنسبة ٣,٧ ٪، ٣ ٪ على التوالي .

- يبلغ إجمالي أعداد مجارى الرتبتين الأولى والثانية معا نحو ٥٣١٢١ مجرى بنسبة ٩٥,٤٪ من إجمالي أعداد مجارى حوض التصريف بينما تبلغ نسبة بقية الرتب من الثالثة وحتى التاسعة نحو ٤,٦ ٪ تقريبا .

وقد أوضح ليوبولد وزملاؤه (Leopold, et-al, 1964, pp.135-136) تأسيسا على ما ذكره هورتون (١٩٤٥) أن هناك علاقة خطية بين الرتبة النهرية وإعداد المجارى ويمكن توقيع هذه العلاقة في صورة رسم بياني نصف لوغاريتمي ، وتوضح الأشكال (٣-٢) العلاقة بين أعداد المجارى والرتبة النهرية لحوض وادي وتير ولكل رافد من روافده على حده ، ويتضح من هذه الأشكال وجدول (٣-١) ما يلي :

- تستحوذ الروافد الرئيسية على معظم أعداد المجاري بحوض التصريف ، وتبلغ جملة عدد المجاري في حوض وادي وتير الأعلى ٢٤٨٠٥ بنسبة ٤٤,٥ ٪ من أجمالي أعداد المجاري ، يليه وادي الزلقة الذي يحتوي على ٢٣٩٠٠ مجرى بنسبة ٤٣ ٪ من إجمالي أعداد المجاري وهذا يعني ببساطة أن الواديين معا يضمان نحو ٨٧,٥ ٪ من جملة عدد المجاري ، وإذا أضفنا مجاري واديي غزالة وصمغي تصبح النسبة ٩٤,٣ ٪ ، في حين تضم بقية الروافد نحو ٥,٧ ٪ من جملة عدد المجاري ؛

- لاحظ الطالب أن هناك ثمة علاقة بين مساحة حوض التصريف وأعداد المجارى ولاختبار هذه العلاقة تم إنشاء علاقة خط الانحدار بين المتغيرين شكل (٣-٣) ويتضح من الشكل[1] ما يلي :

أ - بصفة عامة الأحواض ذات المساحات الكبيرة تضم أعدادا أكثر من المجارى مقارنة بالأحواض الأقل منها في المساحة.

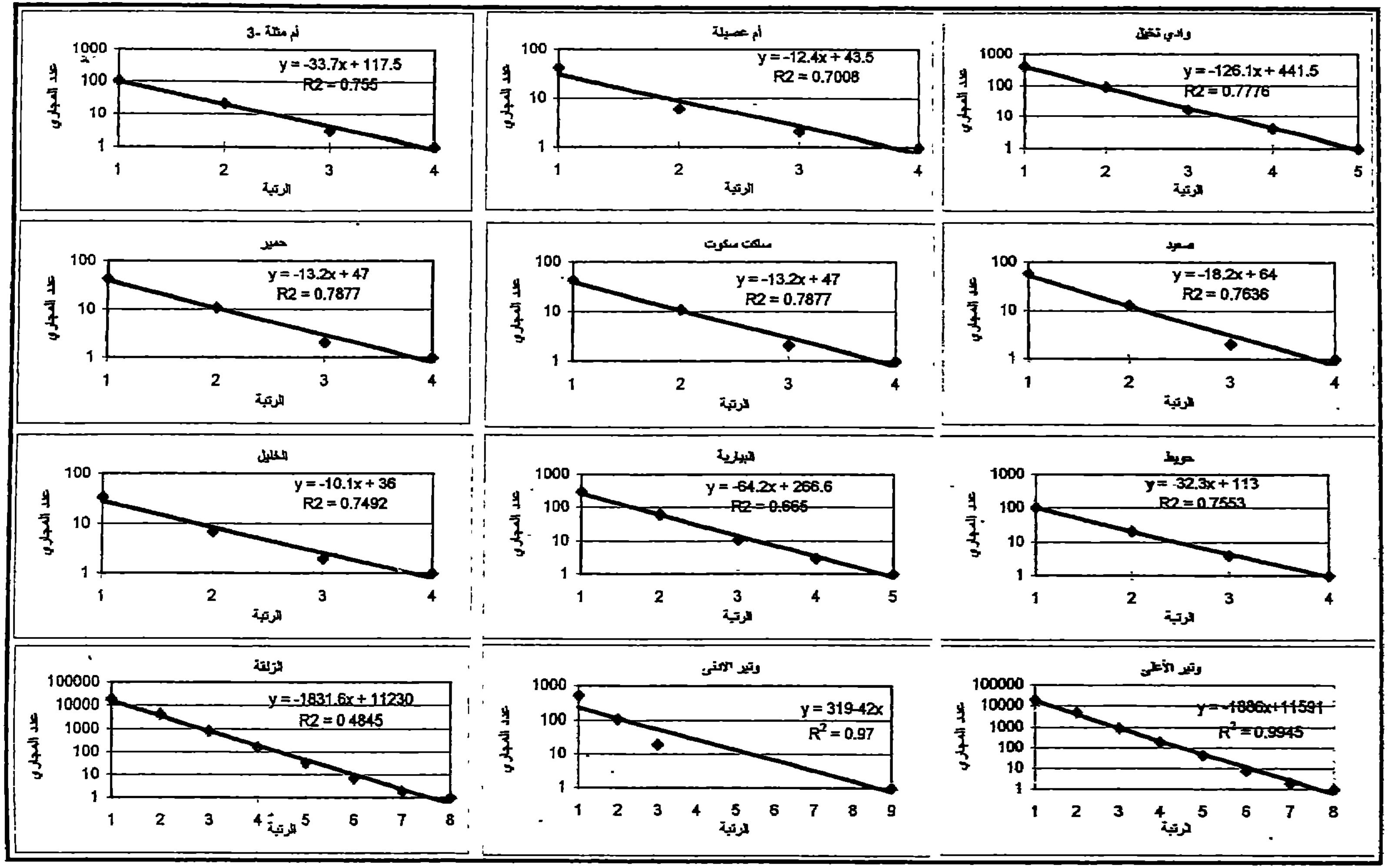
ب - على الرغم من وجود بعض الاختلافات البسيطة في العلاقة السابقة فان العلاقة الإرتباطية بين المتغيرين كانت علاقة طردية موجبة بلغت ٠,٩٩ ، بدرجة معنوية ٠,٩٥ كما بلغ معامل التحديد ٠,٩٩ ، مما يدل على أن ٩٩٪ من الاختلافات في قيم ص (أعداد المجارى) ناتجة عن التباين في قيم س (مساحة حوض التصريف) وان ٠,٠١ ٪ فقط من الاختلاف بين المتغيرين ناتج عن عامل الصدفة .

---

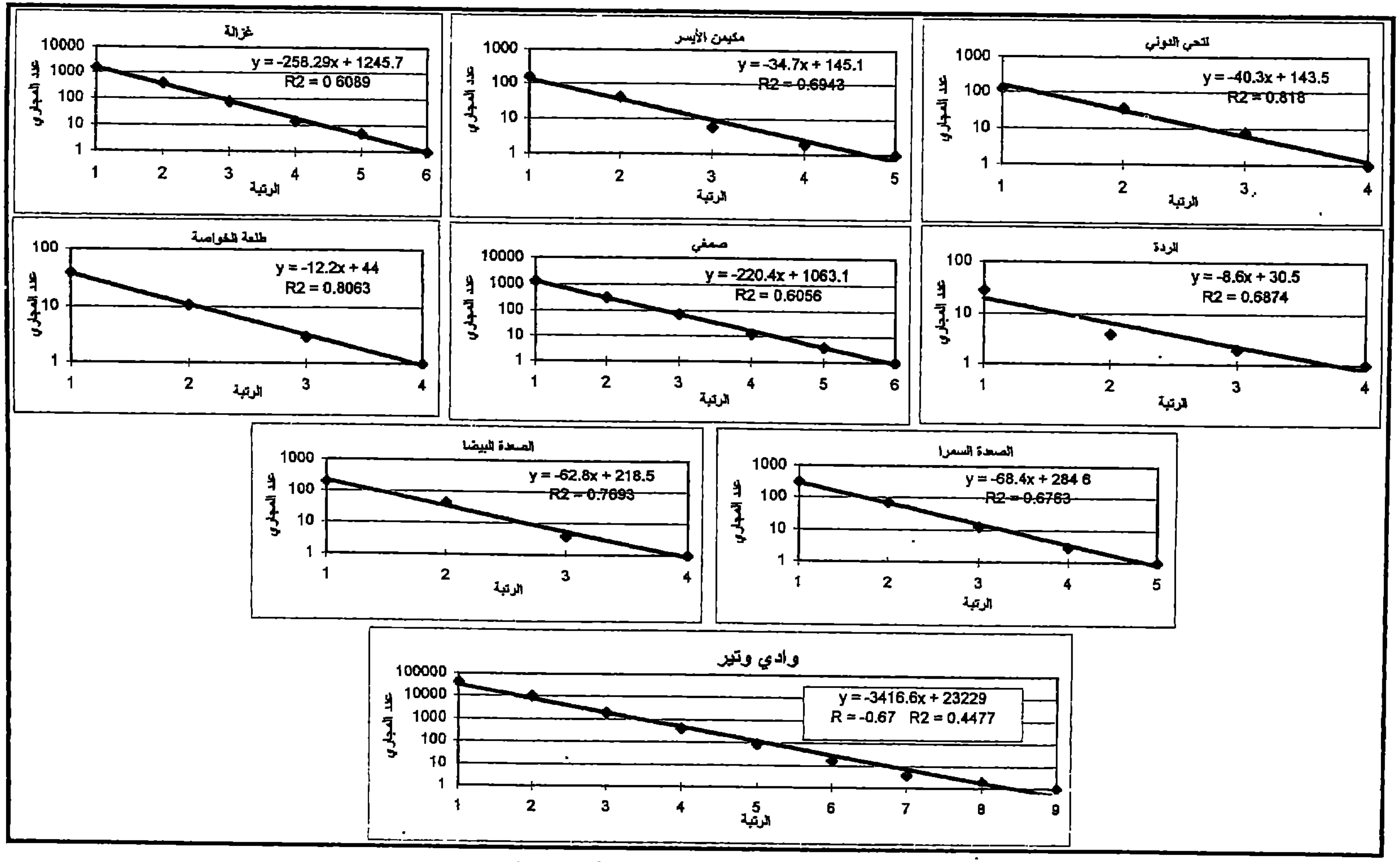
[1] تم استخدام المقياس اللوغاريتمي على كلا المحورين الرأسي والأفقي نتيجة للتفاوت الكبير في أعداد ومساحات الروافد .

جدول (٣-١) **أعداد المجاري في حوض وادي وتير وروافده**

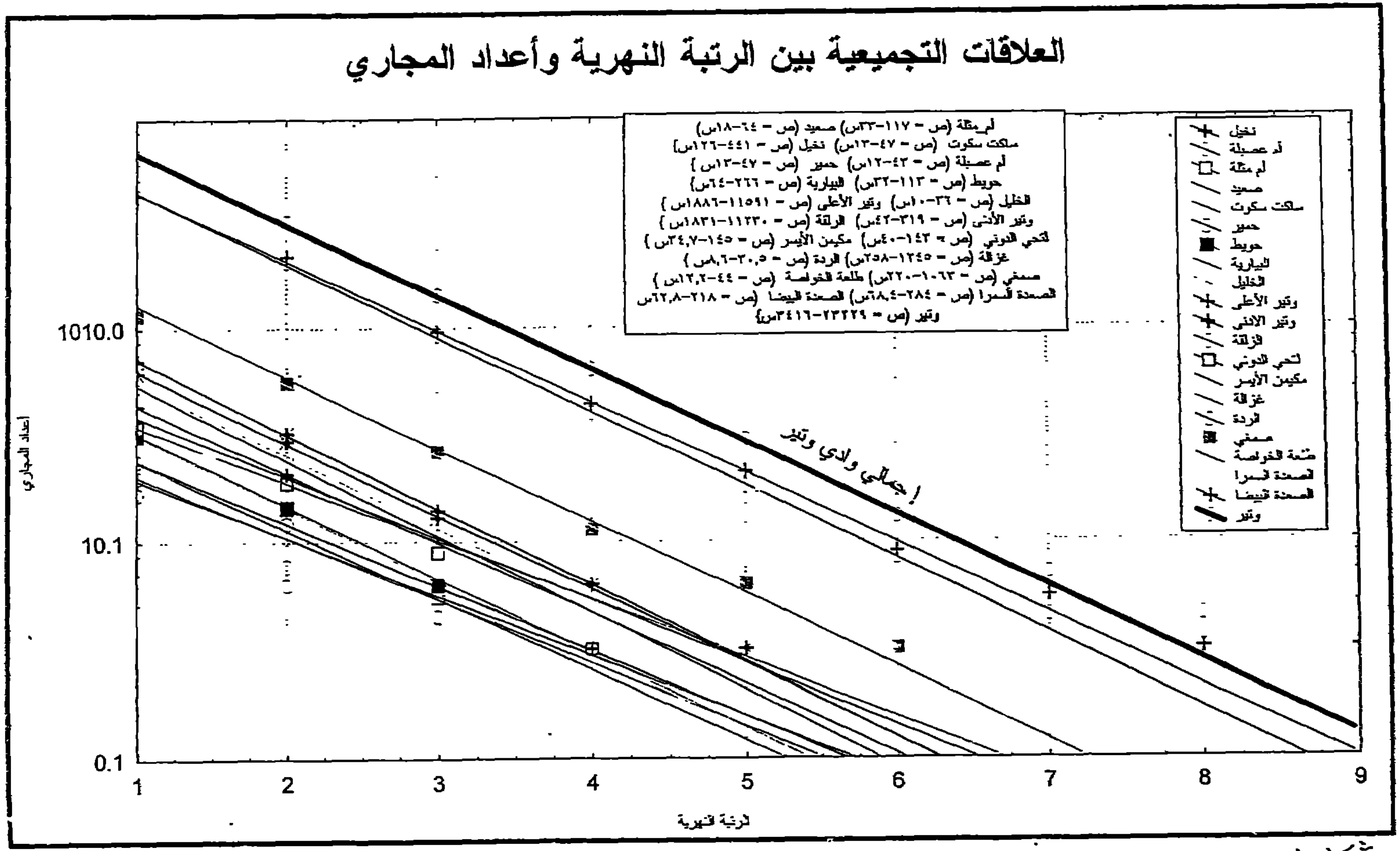
الرتبة / الوادي	الأولى	الثانية	الثالثة	الرابعة	الخامسة	السادسة	السابعة	الثامنة	التاسعة	المجموع
وبر الأعلى	١٨٧٥١	٤٨٦٢	٩٣٧	١٩٩	٤٥	٨	٣	١		٢٤٨٠٥
الزلقة	١٨٥١٨	٤٣٠٧	٨٦٨	١٦٤	٣٣	٧	٢	١		٢٣٩٠٠
نخيل	٣٩٧	٩٠	١٧	٤	١					٥٠٩
ام عصلة	٤١	٦	٢	١						٥٠
أم مثلة	١٠٧	٢٢	٣	١						١٣٣
صعيد	٥٨	١٣	٢	١						٧٤
ساكت سكوت	٤٢	١١	٢	١						٥٦
حير	٥٩	١٥	٢	١						٧٧
حويط	١٠٣	٢١	٤	١						١٢٩
البيارية	٢٩٢	٦٣	١١	٣	١					٣٧٠
الخليل	٣٣	٧	٢	١						٤٣
لتحي الدوبي	١٢٦	٣٦	٨	١						١٧١
مكيمن الأيسر	١٥٥	٤١	٦	٢	١					٢٠٥
عزالة	١٥٧٠	٣٨٣	٧٦	١٥	٥	١				٢٠٥٠
الردة	٢٩	٤	٢	١						٣٦
صمغي	١٣٤٥	٣١٦	٧١	١٣	٤	١				١٧٥٠
طلعة الخواصة	٣٩	١١	٣	١						٥٤
الصعدة السمرا	٣٠٩	٧١	١٣	٣	١					٣٩٧
الصعدة البيضا	١٩٧	٤٤	٤	١						٢٤٦
وتير الأدنى	٥١٩	١١٨	٢٠	-	-	-	-	-	١	٦٤٨
وتير	٤٢٦٩٠	١٠٤٣١	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	٥٥٧٠٣
النسبة المئوية	٧٦٫٦٤	١٨٫٧٣	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	١٠٠
النسبة التراكمية	٧٦٫٦٤	٩٥٫٣٧	٩٩٫٠٥	٩٩٫٧٨	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	١٠٠



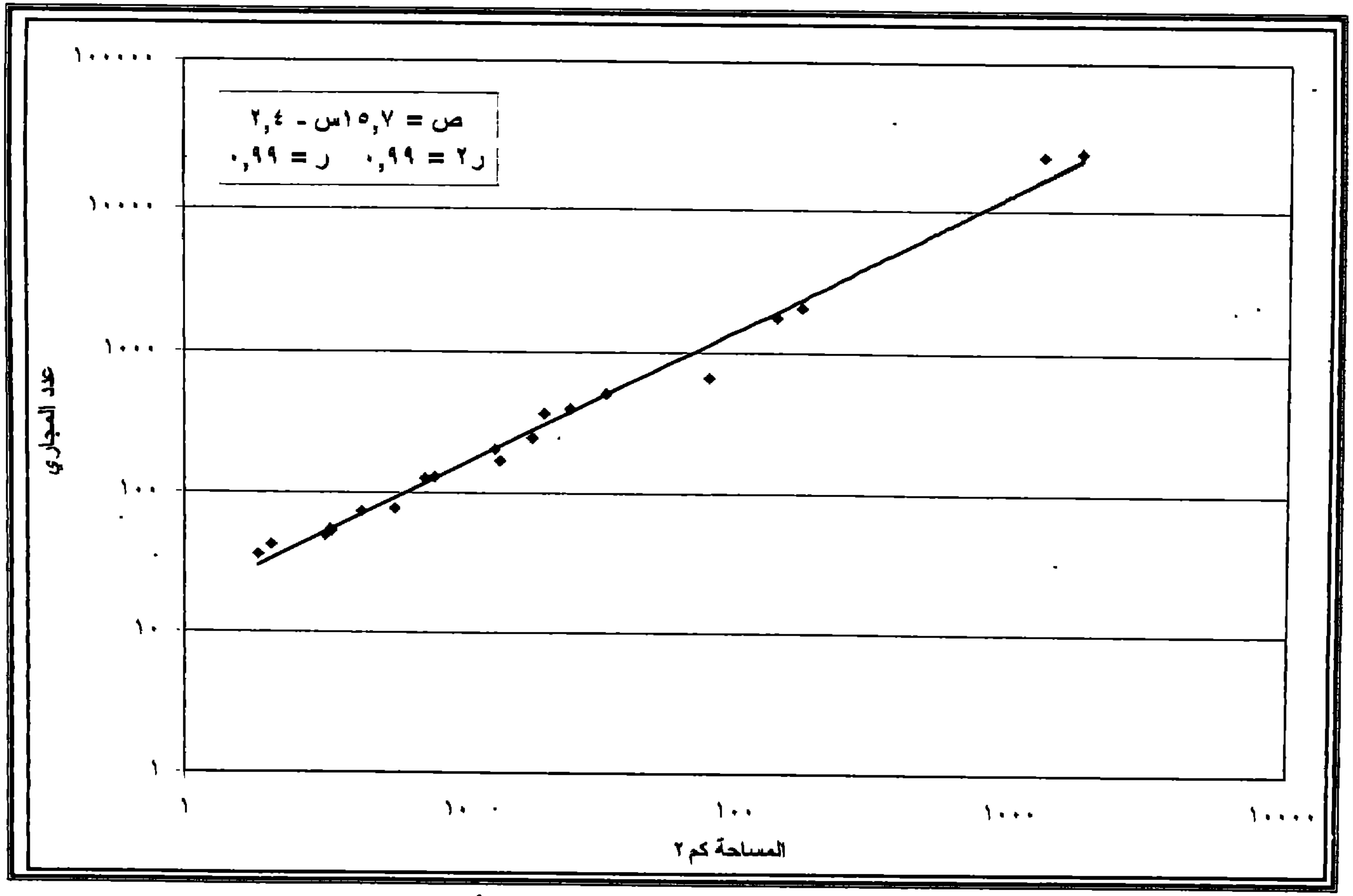
شكل (٣-٢- أ) العلاقة بين أعداد المجاري والرتبة النهرية



شكل (٣-٢- ب) العلاقة بين أعداد المجاري والرتبة النهرية


العلاقات التجميعية بين الرتبة النهرية وأعداد المجاري
لم مقلة (ص = ١١٧-٣٣س) صعيد (ص = ٦٤-١٨س)
ساكت سكوت (ص = ٤٧-١٣س) نخيل (ص = ٤٤١-١٢٦س)
لم عصبلة (ص = ٤٢-١٢س) حسير (ص = ٤٧-١٣س)
حويط (ص = ١١٣-٣٢س) البيارية (ص = ٢٦٦-٦٤س)
الخليل (ص = ٣٦-١٠س) وتير الأعلى (ص = ١١٥٩١-١٨٨٦س)
وتير الأدنى (ص = ٣١٩-٤٢س) الزلقة (ص = ١١٢٣٠-١٨٣١س)
لتحي الدوني (ص = ١٤٣-٤٠س) مكيمن الأيسر (ص = ١٤٥-٣٤,٧س)
غزالة (ص = ١٢٤٥-٢٥٨س) الردة (ص = ٣٠,٥-٨,٦س)
صمغي (ص = ١٠٦٣-٢٢٠س) طلعة الخواصة (ص = ٤٤-١٢,٢س)
الصعدة السمرا (ص = ٢٨٤-٦٨,٤س) الصعدة البيضا (ص = ٢١٨-٦٢,٨س
وتير (ص = ٢٣٢٢٩-٣٤١٦س)
نخيل
لم عصبلة
لم مقلة
صعيد
ساكت سكوت
حسير
حويط
البيارية
الخليل
وتير الأعلى
وتير الادنى
الزلقة
لتحي الدوني
مكيمن الأيسر
غزالة
الردة
صمغي
طلعة الخواصة
الصعدة السمرا
الصعدة البيضا
وتير
إجمالي وادي وتير
أعداد المجاري
1010.0
10.1
0.1
1
2
3
4
5
6
7
8
9
الرتبة النهرية

شكل (٣-٢-جـ)



شكل (٣-٣) العلاقة بين مساحة أحواض التصريف وأعداد المجاري

ج - تركزت معظم أحواض الروافد على خط الانحدار مما يدل على قوة العلاقة بين المتغيرين في أغلب أحواض الروافد ، ولكن على الرغم من قوة هذه العلاقة إلا أن هناك واديين لا يقعان على خط الانحدار مما يدل على انحراف العلاقة نوعا ما في هذين الحوضين، وهما حوض وادي وتير الأدنى وحوض وادي الزلقة، وتنحرف العلاقة في الحوض الأول بالسالب بمعنى أن أعداد المجارى لا تتناسب مع مساحته أي أن أعداد المجارى قليلة مقارنة بمساحته ، بينما تنحرف العلاقة في حوض الزلقة عن العلاقة السابقة بالموجب ، بمعنى أن أعداد المجارى تزيد عن المتوقع مقارنة بمساحة الحوض وبالنسبة لحوض وادي وتير الأدنى فإن الطالب يعتقد أن السبب في انحراف العلاقة وقلة عدد المجاري إنما يرجع إلى أننا قد استبعدنا المجاري التي تصب في هذا الوادي وتزيد عن الرتبة الرابعة ، كما أم أغلب أجزاء هذا الوادي تتألف من الصخور النارية التي يصعب نحتها وبالتالي تقل أعداد المجاري بهذا الوادي .

وبالنسبة لحوض وادي الزلقة فان اتساع منابع هذا الوادي وقربها من منحدرات هضبة العجمة التى تأثرت بعوامل تكوينية أدت إلى تكوين حافات شديدة الانحدار ، عملت على زيادة أعداد المجارى النهرية ، هذا إلى جانب أن أغلب حوض الزلقة يجرى فوق الصخور الجيرية والتى يسهل نحتها ومن ثم زادت أعداد المجارى المائية مقارنة بمساحة الحوض ، ونخلص من ذلك إلى أن أعداد المجارى تزيد باطراد مع زيادة مساحة الحوض .

وقد اتضح من خلال خريطة شبكة التصريف ،شكل (٣-١)، أن هناك مساحات كبيرة في الجزء الشمالي من حوض التصريف لا تحتوي على مجاري نهرية نتيجة لقلة انحدارها من جهة وقلة منسوب ظهيرها المائي أو منطقة تجميع المياه من جهة أخرى ، حيث أن ظهير الجزء الشمالي من حوض التصريف يتمثل في سطح هضبة العجمة الذي يتسم بقلة انحداره

ب - نسبة التشعب Bifurcation Ratio

اقترح هورتون هذا المعامل (Horton, 1945,Pp.38-39) لاستكمال العلاقة بين الرتبة النهرية وأعداد المجارى ، ويقصد بهذا المعدل نسبة عدد المجارى لرتبة ما منسوبا إلى عدد مجارى الرتبة التي تليها ، **وتحسب نسبة التشعب للحوض بإيجاد متوسط التشعب داخل الحوض ككل .**

وأشار سترالر (Strahler,1957,p.914) إلى أن متوسط نسبة التشعب تبلغ ٣,٥ بالنسبة لكل رتبة والرتبة التى تعلوها أي أن مجارى الرتبة الأولى تزيد عن مجارى الرتبة الثانية بثلاثة أضعاف ونصف وأن مجارى الرتبة الثانية تزيد عن مجارى الرتبة الثالثة بثلاثة أضعاف ونصف أيضا لتشكل علاقة هندسية عكسية ، وأضاف سترالر بأنه لا توجد اختلافات كبيرة في قيم نسب

التشعب من منطقة لأخرى ومن بيئة لأخرى إلا إذا كان دور العوامل الجيولوجية هو السائد ، الـــى جانب بعض العوامل الأخرى مثل المصدر التى اعتمدت عليه الدراسة لرسم شبكة التصريف ودقـــة الباحث (صالح ، ١٩٨٥ ، ص ١٠) .

كذلك فقد أشار ليوبولد وزملاؤه (Leopold,et-al,1964,p.138) إلى أن نسبة التشعب تبلــغ ٣,٥ في معظم أحواض تصريف الولايات المتحدة .

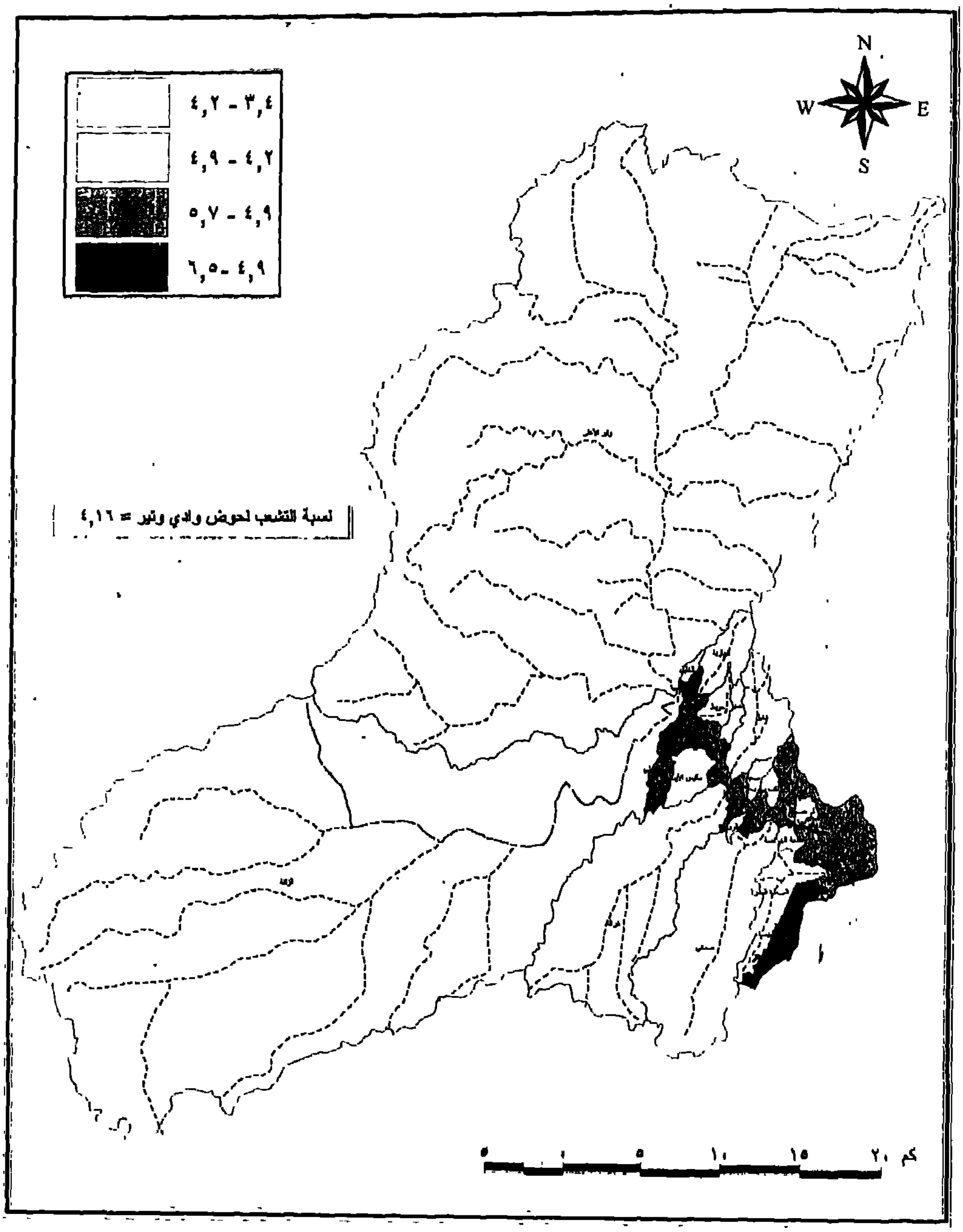
وعلى الرغم من ذلك فقد أشار (Knighton, 1984,pp.38-39) إلـــى أن نسـبة التشـعب تتراوح بين ٧-١١ ثم تقل بين الرتب الأعلى ، ويرجع ذلك من وجهة نظره لزيادة أعداد المجـــارى التى تلتحم بالشبكة عن طريق النحت التراجعي Headward Erosion وهى المرحلة التـــى أطلـق عليها مرحلة الاستطالة والإضافة Elongation & Elaboration .

وبدراسة نسب التشعب في وادي وتير وروافده من خلال جـــدول (٣-٢) وشـكل (٣-٤) يتضح ما يلي :-

- بلغت نسبة التشعب لحوض وادي وتير ٤,١٦ ، ويقترب هذا الرقم من متوسط نسب التشـعب لأحواض الروافد إذ بلغ نحو ٤,٣٨ ، وتتراوح نسب التشعب لأحواض الروافـــد بيـن ٣,٤ (وادي طلعة الخواصة) إلى ٦,٤٩(وادي الصعدة البيضا) ، وبلغ الانحراف المعيـــاري ٠,٧١ بينمـا بلـغ معامل الاختلاف ١٦,٢ ٪ مما يدل على تجانس البيانات وتقاربها .
- جاء ارتفاع نسب التشعب في بعض الأودية مثل وتير الأدنى ولتحي الدوني والصعدة البيضـــا اذ بلغت قيم نسب التشعب ٥,١ - ٥,٣٣ - ٦,٤٩ على التوالي نتيجة لعاملين هما:
- يعتقد الطالب أن ارتفاع قيم التشعب لهذه الأودية ربما يرجع إلى زيادة أعداد المجـــاري فـــي الرتب الأقل نتيجة لجريان هذه الأودية فوق الصخور النارية الصلبة التي تزيد فيها أعداد مجـــازي الرتب الأقل وتميل الأودية إلى تكوين مجاري من الرتبة الأولى والثانية ويكون معظمها عبارة عـــن مسيلات مائية شديدة الانحدار وذات أطوال قصيرة ولا تلبث أن تصب في المجرى الرئيسي مباشـرة كما الحال في حوض وادي وتير الأدنى الذي يضم نحو ٦٢٧ مجرى من الرتبة الأولـــى والثانيــة تصب مباشرة في المجرى الرئيسي ذو الرتبة التاسعة
- أما بالنسبة لواديي لتحي الدوني- الصعدة البيضا فربما يرجع ارتفاع قيم التشعب بها نتيجـــة لتأثر هذه الأودية بالنظم الصدعية خاصة وادي الصعدة البيضا الذي سجل أعلى قيم لنسب التشـــعب على مستوى الرتب إذ بلغت نسبة التشعب للرتبة الثانية /الثالثة ١١ وهو رقم كبير جدا يعكس زيـــادة أعداد المجارى في الرتبة الثانية بصورة ملحوظة مقارنة بأعداد مجاري الرتبة الثالثة.

جدول (٣-٢) نسب التشعب في حوض وادي وتير وروافده

أسم الوادي	الأولى / الثانية	الثانية / الثالثة	الثالثة / الرابعة	الرابعة / الخامسة	الخامسة / السادسة	السادسة / السابعة	السابعة / الثامنة	الثامنة / التاسعة	نسبة التشعب
وتير الأعلى	٣,٨٦	٥,١٩	٤,٧١	٤,٤٢	٥,٦٣	٤	٢		٤,٢٦
الزلقة	٤,٣	٤,٩٦	٥,٢٩	٤,٩١	٤,٧١	٣,٥	٢		٤,٦٢
نخيل	٤,٤١	٥,٢٩	٤,٢٥	٤					٤,٤٩
أم عصبلة	٦,٨٣	٣	٢						٣,٩٤
أم مثلة	٤,٨٦	٧,٣٣	٣						٥,٠٦
صعيد	٤,٤٦	٦,٥٠	٢						٤,٣٢
ساكت سكوت	٣,٨٢	٥,٥١	٢						٣,٧٧
حمير	٣,٩٣	٧,٥	٢						٤,٤٨
حويط	٤,٩	٥,٢٥	٤						٤,٧٢
البيارية	٤,٦٣	٥,٧٣	٣,٦٧	٣					٤,٢٦
الخليل	٤,٧١	٣,٥	٢						٣,٤
لتحي الدوني	٣,٥	٤,٥	٨						٥,٣٣
مكيمن الأيسر	٣,٧٨	٦,٨٣	٣	٢					٣,٩
غزالة	٤,١	٥,٠٤	٥,٠٧	٣	٥				٤,٤٤
الردة	٧,٢٥	٢	٢						٣,٧٥
صمفي	٤,٢٦	٤,٤٥	٥,٤٦	٣,٢٥	٤				٤,٢٨
طلعة الخواصة	٣,٥٥	٣,٦٧	٣						٣,٤
الصعدة السمرا	٤,٣٥	٥,٤٦	٤,٣٣	٣					٤,٢٩
الصعدة البيضا	٤,٤٨	١١	٤						٦,٤٩
وتير الأدنى	٤,٨١	٥,٤							٥,١
وادي وتير	٥,١٥	٥,٠٨	٤,٩٦	٤,٥٥	٥,٣٥	٤,٢٥	٢	٢	٤,١٩
الانحراف المعياري	١	١,٩	١,٦١	٠,٩	٠,٧	٠,٣٥			٠,٧٩٢
معامل الاختلاف	٢١	٣٥,٢	٤٣,٩	٢٧	١٤	٩,٤٣			١٦,٢



شكل (٣-٤) نسب التشعب في حوض وادي وتير وروافده

- أما الروافد الرئيسية (وتير الأعلى - الزلقة - غزالة - صمغي) فيتراوح معدل التشعب بين ٤,٢ - ٤,٩ وهي قيمة متوسطة تشير إلى التناغم بين أعداد المجاري في الرتب المختلفة إذ تجري أغلب هذه الأودية في مناطق الصخور الجيرية التي تسمح بتطور شبكة التصريف بصورة طبيعية في حالة ثبات العوامل الأخرى مثل الانحدار والظروف المناخية ...الخ .

وبخصوص نسبة التشعب على مستوى الرتب النهرية وبالنسبة لحوض وادي وتير تراوحت نسبة التشعب بين ٥,٠٨ للرتبة الثانية/الثالثة و ٥,٠٥ للرتبة الأولى/الثانية ، ويرجع زيادة النسبة لهاتين الرتبتين إلى زيادة أعداد مجاري الرتبة الأولى والثانية كما أوضحنا عند دراسة أعداد المجاري.

- لم يكن هناك تباينا كبيرا بين قيم التشعب للرتب المختلفة على مستوى أحواض الروافد حيث تراوح الانحراف المعياري بين ٠,٧٦ ، ١,٨٢ بينما كان معامل الاختلاف بين ٢٤,٣ ٪ ، ٤٣ ٪ مما يدل على التجانس بين القيم ، وعلى الرغم من هذا التجانس فان هناك بعض الأرقام التي تشذ عن المتوسطات وخاصة في الأحواض الصغيرة التي تصل إلى الرتبة الرابعة (وادي الخليل) ، كما تشذ الأرقام في بعض الأحواض التي تأثرت بالظروف البنيوية (الصعدة البيضا - لتحي الدوني)
- وتجدر الإشارة إلى أن الأرقام السابقة تتواءم مع ما أشار إليه معظم الباحثين من أن نسب التشعب تتراوح بين ٣-٥ (Chorley, 1969, P.14) ، ولكن قد تحدث بعض التباينات نتيجة لتأثير العوامل الصخرية والبنيوية وبالتالي قد تتراوح قيم نسبة التشعب بين ٧-١١ (Knighton, 1984,p.38) .

وقد اقترح Schumm ما يعرف باسم نسبة التشعب المرجح Weighted Mean Bifurcation Ratio وذلك للتغلب على تعدد نسب التشعب للرتب المختلفة داخل الحوض حيث أن متوسط نسبة التشعب قد يتأثر بأحد الأرقام الشاذة داخل الحوض ومن ثم يؤدى إلى انحراف قيمة نسبة التشعب سواء بالزيادة أو النقصان ويمكن استخراج نسبة التشعب المرجح من خلال العلاقة التالية :

$$WR_b = \sum \{^{R}b_{n:n} + 1 * (N_n+1)\} / \sum N$$

حيث :

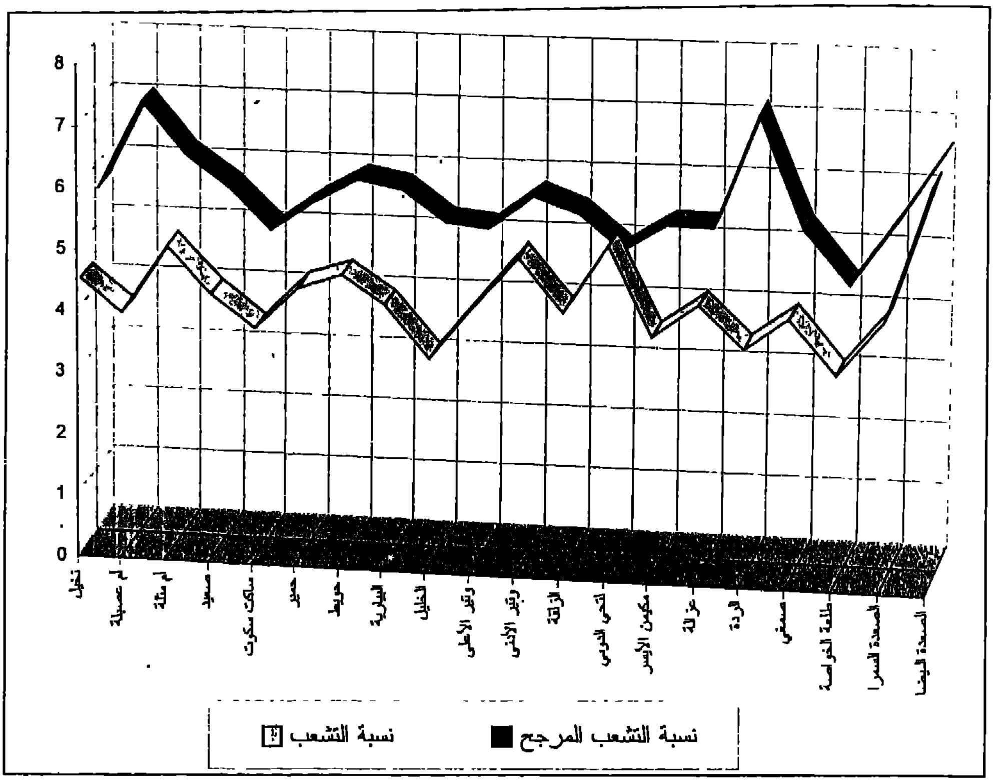
WR_b = قيمة نسبة التشعب المرجح

R_b = معدل التشعب لكل رتبتين متتاليتين

n = عدد المجارى في أي رتبة نهرية

N = عدد المجارى لكل رتبتين متتاليتين

وبدراسة الجدول (٣-٣) وشكل (٣-٥) يتضح أن :-



شكل (٣-٥) **العلاقة بين نسبة التشعب ونسبة التشعب المرجح لأحواض الروافد**

نسبة التشعب المرجح	نسبة التشعب	أسم الوادي	مسلسل	نسبة التشعب المرجح	نسبة التشعب	أسم الوادي	مسلسل
٥.٧٢	٥.١٠	وتير الأدنى	١١	٥.٥٩	٤.٤٩	نخيل	١
٥.٤٦	٤.٦٢	الزلقة	١٢	٧.٠٢	٣.٩٤	أم عصبلة	٢
٤.٨٩	٥.٣٣	لتحي الدوني	١٣	٦.١٩	٥.٠٧	أم مثلة	٣
٥.٣٣	٣.٩٠	مكيمن الأيسر	١٤	٥.٦٨	٤.٣٢	صعيد	٤
٥.٣٠	٤.٤٤	غزالة	١٥	٥.٠٠	٣.٧٧	ساكت سكوت	٥
٧.١٥	٣.٧٥	الردة	١٦	٥.٥١	٤.٤٨	حمير	٦
٥.٣٣	٤.٢٨	صمغي	١٧	٥.٨٩	٤.٧٢	حويط	٧
٤.٤٦	٣.٤٠	طلعة الخواصة	١٨	٥.٧٦	٤.٢٦	البيارية	٨
٥.٥٣	٤.٢٩	الصعدة السمرا	١٩	٥.٢٦	٣.٤٠	الخليل	٩
٦.٦١	٦.٤٩	الصعدة البيضا	٢٠	٥.١٦	٤.٢٦	وتير الأعلى	١٠
				٥.٢٩	٤.١٦	وتير	

جدول (٣-٣) **نسبة التشعب ونسبة التشعب المرجح لحوض وادي وتير وروافده**

▪ بلغت نسب التشعب المرجح لحوض وادي وتير ٥,٢٩ بينما بلغت نسبة التشعب العادية ٤,١٦ ، وبالمثل في أحواض الروافد يتضح أن نسبة التشعب المرجح تتميز بزيادة قيمتها على نسبة التشعب العادية في جميع أحواض الروافد ، وتتراوح قيم نسبة التشعب المرجح لأحواض الروافد بين ٤,٤٦ (وادي طلعة الخواصة) و ٧,١٥ (وادي الردة)

▪ بلغ متوسط نسبة التشعب المرجح لأحواض الروافد ٥,٦٤ بينما بلغ متوسط نسبة التشعب ٤,٣٨ ، وقد سجل وادي الصعدة البيضا أعلى قيمة لنسبة التشعب المرجح وهى ٦,٦١ ، كذلك فقد سجل نفس الوادي أعلى قيمة لنسبة التشعب العادية ، وربما يرجع ذلك إلى تأثر هذا الوادي بنظم الصدوع والفواصل الكثيرة مما ساعد على زيادة أعداد المجارى المتصلة بالمجرى الرئيسي ويؤكد ذلك ارتفاع قيم نسبة التشعب المرجح لأودية أم مثلة والصعدة البيضا وصعيد وهى من الأودية التى تأثرت بنظم الصدوع بصورة كبيرة وتجرى معظم مجاريها في خطوط صدعيه .

وسوف نرى في الفصول التالية كيف أن لنسبة التشعب ونسبة التشعب المرجح تأثير على كمية التصريف وتكرارية الفيضان .

ج - أطول المجارى

قيست أطوال المجارى من خريطة شبكة التصريف التي تم رسمها من الصور الجوية المصححة وقد استخدم الطالب أسلوب العينة لصعوبة الحصر الشامل خاصة في الرتب الدنيا وجاءت نسبة العينة (١٠ - ٢٠ - ٣٠ - ٤٠ - ١٠٠ - ١٠٠ - ١٠٠ - ١٠٠ ، ١٠٠ ٪) للرتب النهرية من الأولى وحتى التاسعة على التوالي .

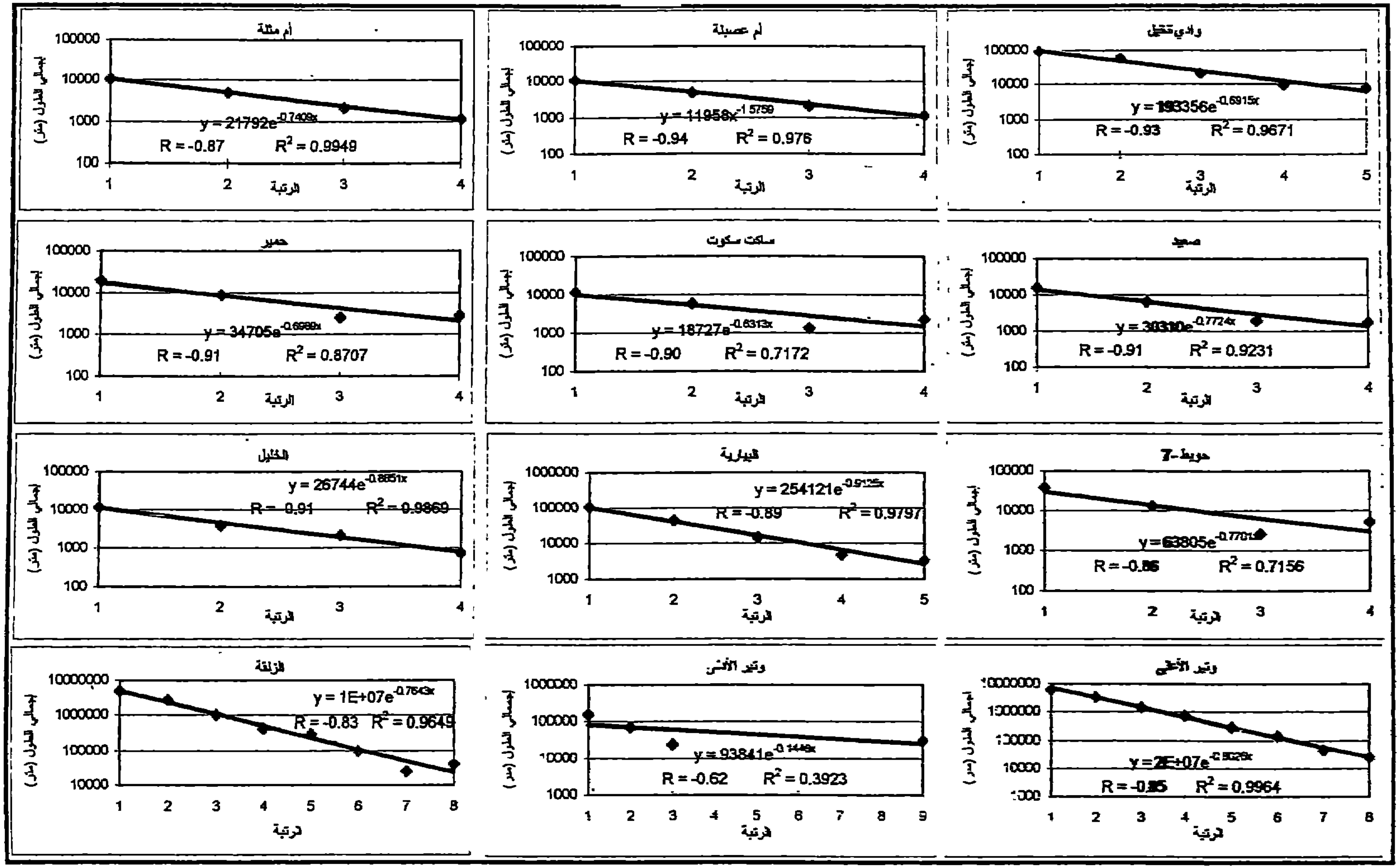
وبالنسبة لإجمالي أطوال الشبكة كما يوضحها جدول (٣-٤) يتضح ما يلي :

١ - بلغ إجمالي أطوال المجارى في حوض وادي وتير نحو ٢٥٤٨١ كم ، وتمثل مجارى الرتبة الأولى نحو ٥١٪ من إجمالي أطوال المجارى بينما تمثل الرتبة الثانية نحو ٢٨ ٪ والثالثة نحو ١١ ٪ والرابعة نحو ٥ ٪ ، أي أن إجمالي أطوال المجارى في هذه الرتب يبلغ نحو ٩٥,٣ ٪ بينما تمثل النسبة الباقية (٤,٧ ٪) بقية الرتب من الخامسة وحتى التاسعة وترجع زيادة النسبة في الرتب الدنيا نتيجة لارتفاع أعدادها مقارنة بمجارى الرتب الأعلى قليلة العدد نسبيا .

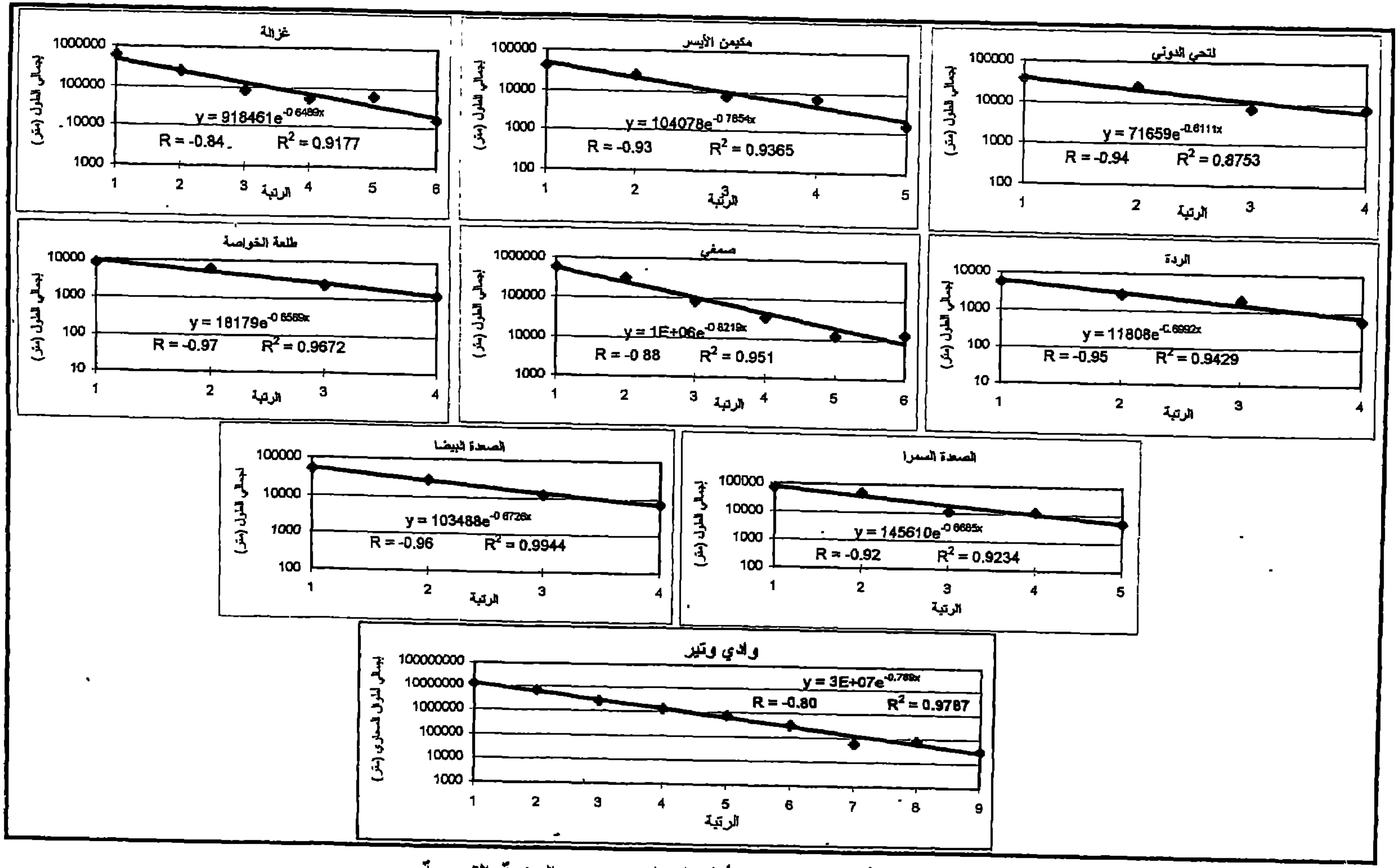
وبدراسة العلاقة بين الرتبة النهرية وإجمالي أطوال المجارى ، شكل (٣-٦) ، اتضح أن هناك علاقة عكسية تعنى تناقص إجمالي أطوال المجارى كلما زادت الرتبة النهرية ، وهذا ما أكده سترالر ، (Strahler, 1957,p.915) ، وعلى الرغم من وجود هذه العلاقة إلا انه يصعب تحديد قانون رياضي لها كما هو الحال في العلاقة بين الرتبة وأعداد المجارى ولهذا يقترح تشورلي (Chorley,1957,p.144) ، بأن يكون كلا المحورين (الرأسي والأفقي) في صورة لوغاريتمية

جدول (٣-٤) إجمالي أطوال المجاري في حوض وادي وتير وروافده (كم)

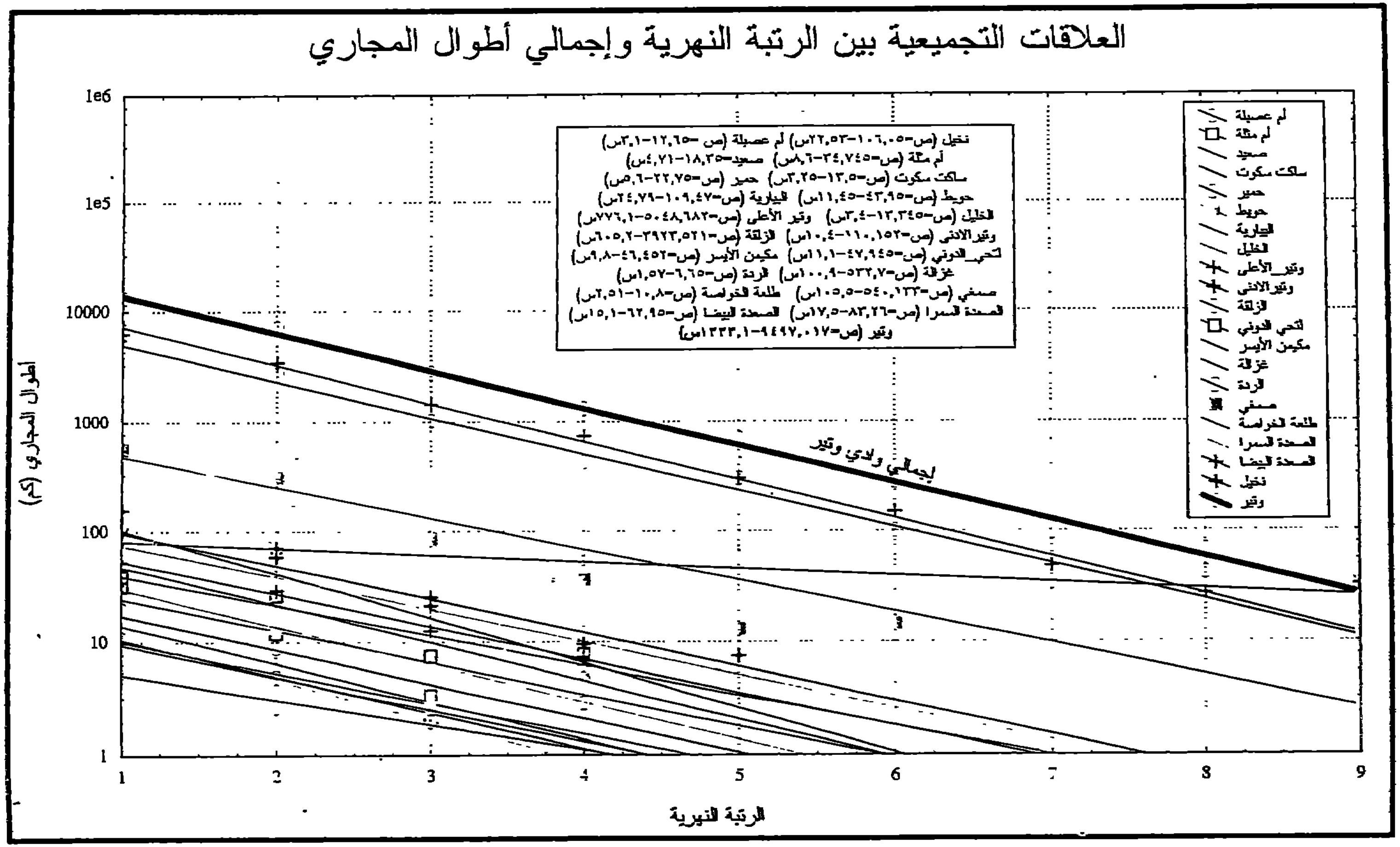
الرتبة / الوادي	الأولى	الثانية	الثالثة	الرابعة	الخامسة	السادسة	السابعة	الثامنة	التاسعة	الإجمالي
وتير الأعلى	٦٣٠١	٣٤٣٣	١٤٥٣	٧٣٧	٣٠١	١٤٩.	٤٧,٦	٢٦,٥		١٢٤٤٨
الزلقة	٤٩٧٦	٢٧٠٥	١٠٢٥	٤٢٦	٣٠٠	١٠١	٢٥,٦	٤١		٩٦٠١
نحيل	٩٥,٦	٥٨,٦	٢١,١	٩,٥	٧,٥					١٩٢,٦
ام حصلة	١٠,٨	٤,٩	٢,٢١	١,٢						١٩
ام مثلة	٣١,٥	١٢	٣,٤	٥,٥١						٥٢,٤
صعيد	١٦	٦,٥	٢	١,٨						٢٦,٣
ساكت سكوت	١١,٧	٦	١,٤	٢,٤						٢١,٤
حير	١٩,٧	٩	٢,٦	٢,٩						٣٤,٢
حريط	٣٩,٩	١٣,٤	٢,٧	٥,٣						٦١,٢
البارية	١٠٧,٤	٤٤,٧	١٥,٢	٤,٨	٣,٤					١٧٥,٥
الخليل	١١,٨	٣,٩	٢,٢١	٠,٨١						١٨,٦
لتحي الدرني	٣٨,٧	٢٦,٢	٧,٥	٧,٧١						٨٠,١
مكيمن الأيسر	٤١,٦	٢٦	٧,٧١	٧,٣	١,٦					٨٤٠
عرالة	٦٠٢	٢٥٥	٨٥	٥٤	٦٤	١٦,١				١٠٧٥,٧
الردة	٥,٦	٢,٧	٢	٠,٦						[illegible]
حمضي	٥٦٤	٣١٢	٨٥	٣٦	١٣	١٤,٤				١٠٢٣,٩٠
طلعة الحواصة	٨,٤	٦,١	٢,٣	١,٣						١٨,٢
الصعدة السمرا	٧٣,٤	٥١	١١,٩	١٢,٢	٥,٣					١٥٣,٩٠
الصعدة البيضا	٥٢,٣	٢٨,٦	١٢,٦	٧,٣						١٠٠,٨
وتير الأدنى	١٥٥,٧	٧١,٣	٢٥,١	-	-	-	-	-	٣١,٨	٢٨٤
وتير	١٣١٦٣	٧٠٧٦	٢٧٧٠	١٣٢٤	٦٩٦	٢٨٠	٧٣	٦٧	٣١,٨	٢٥٤٨١
النسبة إلى المجموع %	٥١,٦٦	٢٧,٧٧	١٠,٨٧	٥,١٩	٢,٧٣	١,١٠	٠,٢٩	٠,٢٦	٠,١٢	١٠٠
الانحراف المعياري	١٧٢٥	٩٣٩	٣٨٣	١٨٨	٢٣٨	١١٠	٢٤	٢١		٣٣٨٠
معامل الاختلاف	٢٦٢	٢٦٥	٢٧٧	٢٧٠	١٥٤	٩٨	٤٩	٤٦		٢,٦٥



شكل (٣-٦- أ) العلاقة بين إجمالي أطوال المجاري والرتبة النهرية



شكل (٣-٦- ب) العلاقة بين إجمالي أطوال المجاري والرتبة النهرية


العلاقات التجميعية بين الرتبة النهرية وإجمالي أطوال المجاري
أطوال المجاري (كم)
الرتبة النهرية
1e6
1e5
10000
1000
100
10
1
1
2
3
4
5
6
7
8
9
نخيل (ص=١٠٦,٠٥-٢٢,٥٣س) لم عصبلة (ص =١٢,٦٥-٢,١س)
لم مثلة (ص=٣٤,٧٤٥-٨,٦س) صعيد=١٨,٣٥-٤,٧١س)
ساكت مكوت (ص=١٢,٥-٢,٢٥س) حمير (ص=٢٢,٧٥-٦,٥س)
حويط (ص=٤٣,٩٥-١١,٤٥س) البيارية (ص=١٠٩,٤٧-٢٤,٧٩س)
الخليل (ص=١٢,٣٤٥-٢,٤س) وتير الأعلى (ص=٥٠٤٨,٦٨٢-٧٧٦,١س)
وتير الادنى (ص=١١٠,١٥٢-١٠,٤س) الزلقة (ص=٢٩٢٣,٥٢١-٦٠٥,٢س)
لحي الدوني (ص=٤٧,٩٤٥-١١,١س) مكيمن الأيسر (ص=٤٦,٤٥٢-٩,٨س)
غزالة (ص=٥٣٢,٧-١٠٠,٩س) الردة (ص=٦,٦٥-١,٥٧س)
صمغي (ص=٥٤٠,١٣٣-١٠٥,٥س) طلعة الخراصة (ص=١٠,٨-٢,٥١س)
الصحدة السمرا (ص=٨٣,٢٦-١٧,٥س) الصحدة البيضا (ص=٦٢,٩٥-١٥,١س)
وتير (ص=٩٤٩٧,٠١٧-١٣٣٣,١س)
إجمالي وادي وتير
لم عصبلة
لم مثلة
صعيد
ساكت مكوت
حمير
حويط
البيارية
الخليل
وتير_الأعلى
وتير الادنى
الزلقة
لحي الدوني
مكيمن الأيسر
غزالة
الردة
صمغي
طلعة الخراصة
الصحدة السمرا
الصحدة البيضا
نخيل
وتير

ويتضح من خلال الأشكال السابقة أن هناك علاقة ارتباطيه قوية سالبة بين الرتبة النهرية وإجمالي أطوال المجارى وقد بلغ الارتباط بين المتغيرين "-٠,٨٠ - ٠,٩٧" بدرجة ثقة بلغت ٠,٩٥ بينما بلغ معامل التحديد R^2 ما بين "٠,٨٤ - ٠,٩٩" وهذا يعنى أن عامل الصدفة والعامل العشوائي في هذه العلاقة لا يتعدى ٠,١٤ مما يعضد من قوة العلاقة الارتباطية .

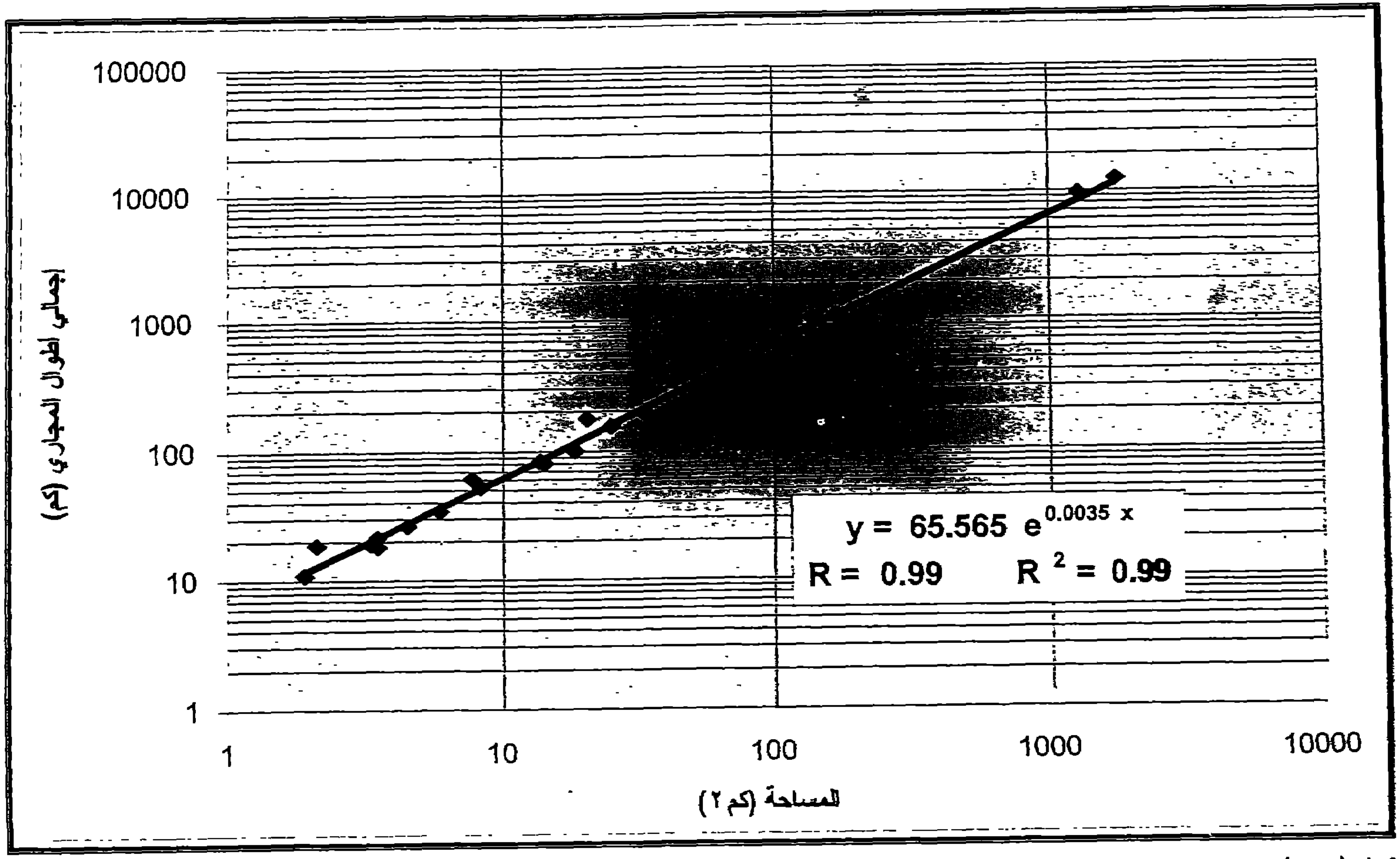
وتختلف نسبة مساهمة كل حوض من أحواض الروافد في إجمالي أطوال المجارى فعلى حين يسهم حوضا وتير الأعلى والزلقة بنحو ٨٧٪ من إجمالي الأطوال فهناك الكثير من الأحواض الصغيرة التي لا تتعدى مساهمتها في إجمالي أطوال المجارى نحو ٠,٠١ ٪ مثل أحواض (أم عصبلة-ساكت سكوت-الردة)

يتباين إجمالي أطوال المجارى داخل الحوض الواحد من رتبة لأخرى ، كما يتباين إجمالي الأطوال من حوض لآخر لنفس الرتبة النهرية ، وقد بلغ معامل الاختلاف للرتبة الأولى على مستوى أحواض الروافد ٢٦٣ ٪ ، وهذا يعنى تباينا كبيرا بين الأحواض ويرجع ذلك إلى تباين أعداد مجارى الرتبة الأولى من حوض لآخر وبالتالي تتباين أطوال مجاري الرتبة الأولى ويسري ذلك على بقية الرتب النهرية ولذلك فإن متوسط أطوال المجاري قد يكون ذو دلالة أكبر .

أشار تشورلي (Chorley,1957,p.146) إلى أن هناك علاقة ارتباطية موجبة بين مساحة الحوض وإجمالي المجاري وهو ما أشار إليه أيضا (Schumm,1956,p.607) ، وبتطبيق ذلك على منطقة الدراسة ، شكل (٣-٧) ، فقد اتضح أن هناك علاقة ارتباطية موجبة قوية بلغت ٠,٩٩ بين مساحات أحواض الروافد وإجمالي أطوال المجاري لكل حوض على حدة بينما بلغ معامل التحديد R^2 ٠,٩٩ ، مما يدل على ان نحو ٠,٩٩ ٪ من الاختلافات في قيم (ص) -إجمالي أطوال المجاري- ، ناتجة عن اختلاف قيم (س) -مساحة الحوض- وان نحو ٠,٠١ ٪ فقط من الاختلافات في قيم (ص) ناتج عن عوامل عشوائية يصعب تحديدها .

<u>بدراسة متوسط أطوال المجاري على مستوى وادي وتير وروافده يتضح ما يلي</u> :

- بلغ متوسط طول المجرى الواحد لحوض وادي وتير على مستوى الرتب النهرية (٢٩٨-٦٥٥-١١٨٢-٢٩٤٧-٦٣٧٦-١٥٣٥٢-١٤٣٢٥-٣٣٧٥٠-٣١٨٠٠ مترا) للرتب من الأولى إلى التاسعة على التوالي ، جدول (٣-٥) وقد بلغ متوسط طول المجرى لحو ٢٧٥٢ مترا .
- يتراوح متوسط طول المجاري على مستوى الروافد بين ٦٨٣ لحوض وادي الخليل و١٢٤٤٨ لحوض وادي وتير الأعلى ، ويلاحظ أن الأودية الصغيرة تميل إلى تكوين مجاري قصيرة مثل وادي أم عصبلة وساكت سكوت على عكس الأودية الكبيرة التي تجنح إلى تكوين المجاري الطويلة مثل وادي الزلقة ووادي وتير الأعلى ، ويصل الرافدان إلى الرتبة الثامنة .



شكل (٣-٧)
العلاقة بين مساحات أحواض التصريف وإجمالي أطوال المجاري في أحواض روافد وادي وتير

▪ يختلف متوسط أطوال المجاري من حوض لآخر على مستوى الرتبة النهرية وقد بلغ متوسط طول مجاري الرتبة الأولى نحو ٢٩٨ متر ، ويزيد هذا المتوسط بمتوالية شبه هندسية بزيادة الرتبة النهرية ، ويتباين متوسط طول المجاري للرتبة الواحدة من حوض لأخر ولكنه ليس تباينا كبيرا إذ بلغ معامل الاختلاف ٢٠,٣ ٪ فقط مما يدل على تجانس أطوال مجاري الرتبة الأولى.على مستوى أحواض الروافد ، ونفس الحال ينطبق على بقية الرتب النهرية إذ بلغ معامل الاختلاف ١٦ ٪ للرتبة الثانية ، ٤٣ ٪ للرتبة الثالثة ، ٦١ ٪ للرتبة الرابعة ، ٥٨ ٪ للرتبة الخامسة ، ٧٤ ٪ للرتبة السادسة ، ويتضح زيادة التباين في متوسط أطوال مجارى الرتبتين الثالثة والرابعة وربما يرجع تباين أطوال مجارى هاتين الرتبتين إلى أن بعض مجارى هاتين الرتبتين يصبان في مجارى الرتب الأعلى قبل أن تصل إلى الطول المناسب كما هو الحال في المجرى الرئيس لوادي مكيمن الأيسر ؛ كما أن هناك بعض الأحواض التي تأخذ الشكل المستطيل وهو ما ينعكس بدوره على مجاريها الرئيسية فتتميز بزيادة أطوال مجاريها كما الحال في المجارى الرئيسية لأحواض الصعدة السمرا - صمغي وغزالة ، كذلك فان تباين أطوال المجارى للرتبة الواحدة من حوض لآخر قد يعزى إلى الاختلافات الليثولوجية بين الأحواض ،

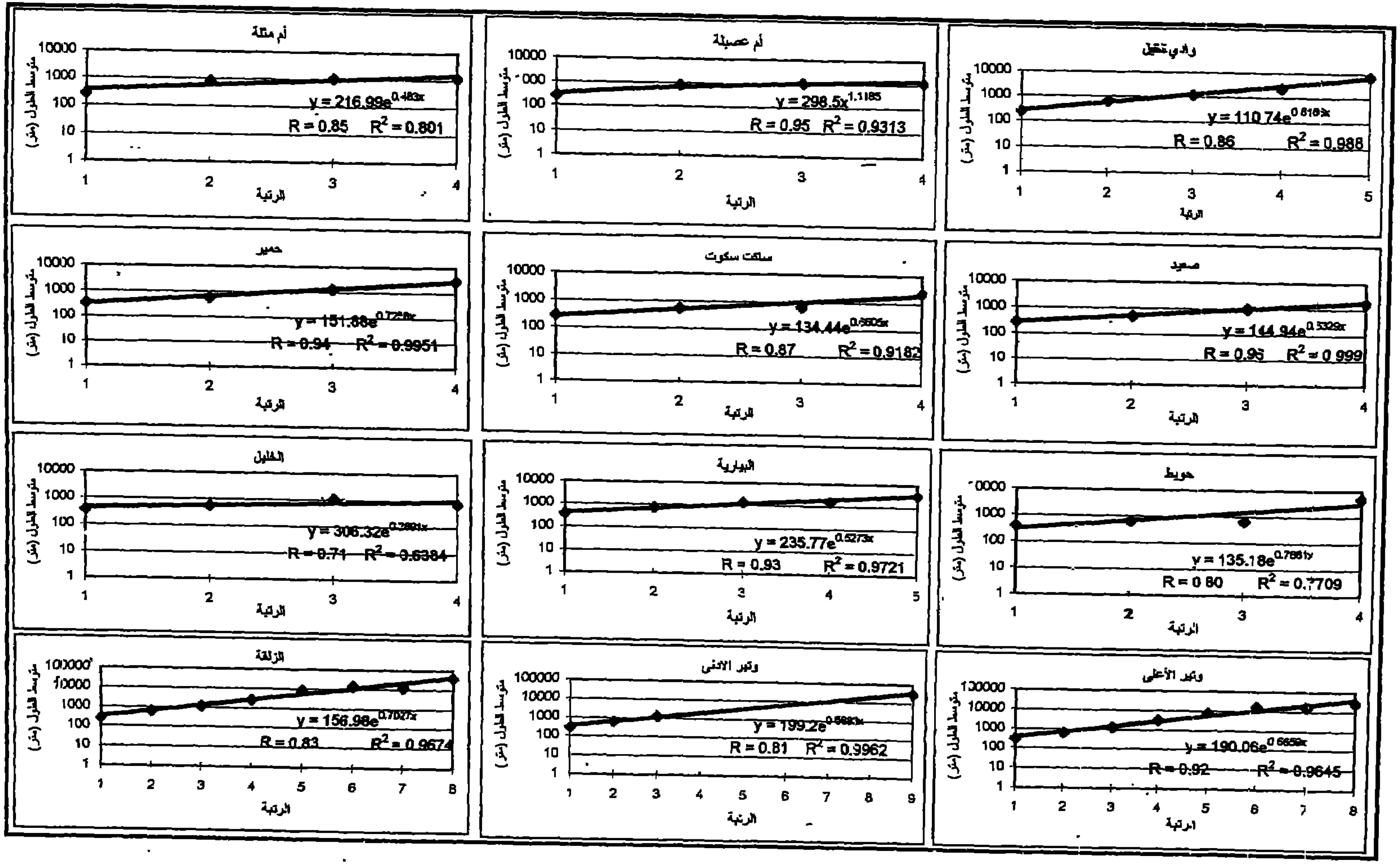
ويتضح من خلال جدول (٣-٥) وشكل (٣-٨) أن جميع أحواض الروافد يزيد فيها متوسط طول المجرى بزيادة الرتبة النهرية مع اختلاف معدل الزيادة من حوض لآخر باستثناء بعض الحالات التي تخرج عن القاعدة السابقة مثل :-

▪ في حوض الخليل الذي يصل مجراه الرئيسي إلى الرتبة الرابعة حيث بلغ متوسط طول مجارى الرتبة الثالثة ١٠٧٥ مترا بينما بلغ طول المجرى الرئيسي والذي يمثل المجرى الوحيد في هذه الرتبة بلغ طوله ٧٥٠ مترا ، وبصفة عامة فان متوسط أطوال المجارى في الرتبتين الثالثة والرابعة في حوض الخليل يقل عن المتوسط العام للرتبتين على مستوى حوض وادي وتير ، إذ بلغ ١٠٧٥ - ٧٥٠ مترا للرتبتين الثالثة والرابعة على التوالي ، ويرجع قصر أطوال المجارى لأن مجارى هذا الوادي تجرى فوق الصخور النارية الصلبة التي تقلل من قدرة المجارى على القيام بعمليات النحت وإطالة مجاريها كما أن هذا الوادي يصب في الجانب الخارجي لإحدى ثنيات وادي وتير ومن ثم قل طول المجرى الرئيسي الذي يمثل الرتبة الرابعة مقارنة بمجارى الرتبة الثالثة .

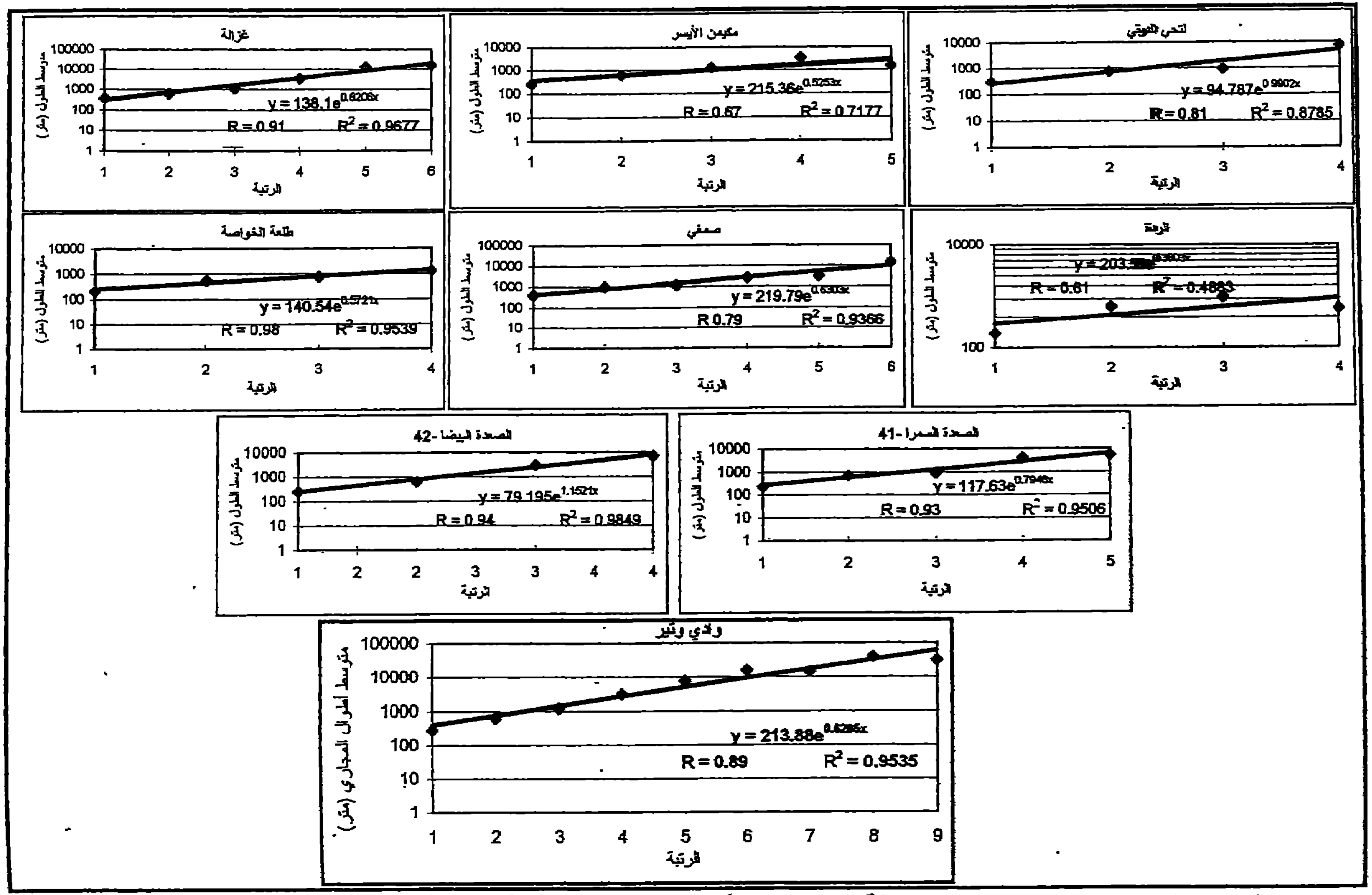
أما الحوض الثاني الذي تنحرف فيه العلاقة الهندسية بين متوسط أطوال المجاري والرتبة النهرية عن المتوقع فهو حوض وادي الزلقة حيث بلغ متوسط أطوال الرتبة السادسة ١٤٤١٤ مترا ، بينما بلغ متوسط أطوال الرتبة السابعة ١٢٨٠٠ مترا ، ولا يرجع هذا التباين إلى اختلاف التركيب الصخري وذلك لأن أودية الرتبة السادسة والسابعة تجري فوق الصخور الجيرية وإنما

جدول (٣-٥) متوسط أطوال المجاري في حوض وادي وتير وروافده (بالامتار)

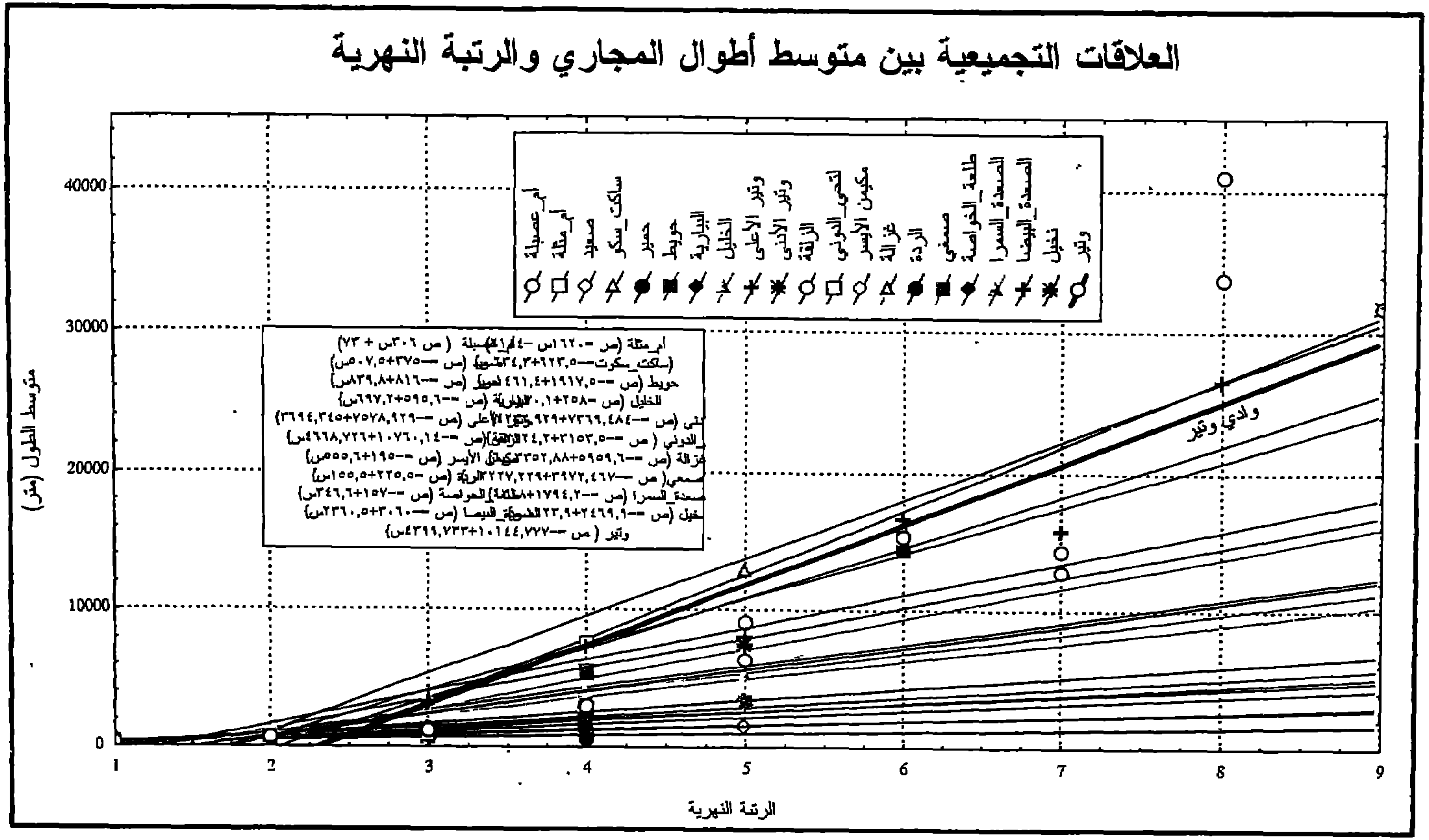
الرتبة / الوادي	الأولى	الثانية	الثالثة	الرابعة	الخامسة	السادسة	السابعة	الثامنة	التاسعة	المتوسط
وتير الاعلى	٣٠٥	٦٤٠	١٢٨٢	٣١١٣	٨٠٧٨	١٦٥٩٧	١٥٨٥٠	٢٦٥٠٠		١٢٤٤٨
الرلقة	٢٦٩	٦٢٨	١١٨٢	٢٦٠٠	٩١٠٠	١٤٤١٤	١٢٨٠٠	٤١٠٠٠		١٠٢٤٩
نخيل	٢٤١	٦٥٤	١٢٣٩	٢٣٧٥	٧٥٠٠					٢٤٠٢
ام عصلة	٢٦٣	٨٢٠	١٠٧٥	١٢٠٠						٨٣٩
ام مثلة	٢٩٤	٥٤٤	١١٣٣	٥٥٠٠						١٨٦٨
صعيد	٢٧٥	٥٠٠	١٠٠٠	١٨٠٠						٨٩٤
ساكت سكوت	٢٧٩	٥٤٥	٦٧٥	٢٣٥٠						٩٦٢
تير	٣٣٤	٦٠٠	١٣٠٠	٢٩٠٠						١٢٨٣
حوبط	٣٨٨	٦٣٩	٦٦٧	٥٢٥٠						١٧٣٦
البيارنه	٣٦٨	٧٠٩	١٣٨٦	١٦١٧	٣٤٠٠					١٤٩٦
الحلل	٣٥٨	٥٥٠	١٠٧٥	٧٥٠						٦٨٣
لحي الثوي	٣٠٧	٧٢٩	٠٩٤٢	٧٦٥٠						٢٤٠٧
مكيمن الابسر	٢٦٨	٦٣٣	١٢٨٣	٣٦٢٥	١٥٥٠					١٤٧٢
عراله	٣٨٣	٦٦٥	١١٢٢	٣٥٨٣	١٢٨٥٠	١٦٠٥٠				٥٧٧٦
الرده	١٩٤	٦٦٣	١٠٠٠	٦٠٠						٦١٤
صعلي	٤١٩	٩٨٨	١١٩٢	٢٧٥٥	٣٢٣٣	١٤٣٥٠				٣٨٢٣
طلعه الخواصة	٢١٥	٥٥٦	٧٦٧	١٣٠٠						٧٠٩
الصعده السمرا	٢٣٨	٧١٩	٩١٧	٤٠٧٥	٥٣٠٠					٢٢٥٠
الصعده البيضا	٢٦٥	٦٥٠	٣١٥٠	٧٣٠٠						٢٨٤١
وتير الأدنى	٣٠١	٦٦٠	١٢٥٥	-	-	-	..	..	٣١٨٠٠	٢٨٤
وتير	٢٩٨	٦٥٥	١١٨٢	٢٩٤٧	٦٣٧٦	١٥٣٥٢	١٤٣٢٥	٣٣٧٥٠	٣١٨٠٠	٢٧٥٢
الانحراف المعياري	٦٠	١٠٨	٥٠٦	١٨١٧	٣٧١٦	١١٤٣	٢١٥٧	١٠٢٥٣		١٠٠
معامل الاختلاف	٢٠,٣	١٦,٦	٤٢,٨	٦١,٧	٥٨,٣	٧,٤	١٥,١	٣٠,٤		٣٣٨٠



شكل (٣-٨-أ) العلاقة بين متوسط أطوال المجاري والرتبة النهرية



شكل (٣-٨-ب) العلاقة بين متوسط أطوال المجاري والرتبة النهرية


العلاقات التجميعية بين متوسط أطوال المجاري والرتبة النهرية
متوسط الطول (متر)
الرتبة النهرية
0
10000
20000
30000
40000
1
2
3
4
5
6
7
8
9
أم_عصيلة
أم_مثلة
صعيد
ساكت_سكو
حمير
حويط
البيارية
الخليل
وتير الأعلى
وتير الأدنى
الزلقة
لتحي_الدوني
مكيمن الأيسر
غزالة
الردة
صمغي
طلعة_الخواصة
الصعدة_السمرا
الصعدة_البيضا
نخيل
وتير
وادي وتير

شكل (٣-٨-ج)

يرجع هذا التباين إلى طبيعة جريان الأودية والمسافة التى تقطعها بين منابعها ومصباتها ولتوضيح ذلك فإننا نجد أن عدد مجاري الرتبة السادسة قد بلغ ٧ مجاري هى غليم – ثميلة ابن كرداش – البيار – العديد – المفجر – الزلقة الأعلى – العرادة ، وهذه الأودية استطاعت أن تطيل مجاريها باستثناء وادي غليم ، نتيجة لجريانها فوق مناطق سهلية ومتوسطة الانحدار ، وتتألف تكويناتها من صخور الحجر الجيري بصفة عامة باستثناء المنابع العليا لوادي الزلقة الأعلى التى تتألف من الصخور النارية .

وعلى الجانب الأخر نجد أن مجاري الرتبة السابعة تتألف من مجريين رئيسين هما البيار والزلقة الأوسط [1] ، حيث يتكون وادي البيار نتيجة التقاء واديي العديد والبيار الأعلى وهما من مجاري الرتبة السادسة ، بينما يتكون وادي الزلقة الأوسط نتيجة التقاء واديي المفجر والزلقة الأعلى وهما من مجاري الرتبة السادسة ، ونتيجة لقلة عدد مجاري الرتبة السابعة (مجريين فقط) ولقلة طولهما نتيجة لاختلاف اتجاهيهما – يبلغ اتجاه الزلقة الأوسط ٣٥ بينما بلغ اتجاه وادي البيار ١٦٠ – فانهما يلتقيان بعد مسافة قليلة أدت إلى قلة طولهما مقارنة بمجاري الرتبة السادسة .

والحالة الثالثة التي تشذ فيها العلاقة بين متوسط أطوال المجاري والرتبة النهرية فتتمثل في حوض وادي الردة ، إذ بلغ متوسط طول الرتبة الثالثة ١٠٠٠ متر في حين لم يتجاوز طول الرتبة الرابعة ٦٠٠ متر ، ومرة أخرى نجد أن الرتبة الرابعة وهى تمثل أعلى رتبة في الحوض تصب في حوض وادي وتير على بعد نحو ٨ كم من مخرج الوادي وفي الجزء الخارجي من إحدى ثنيات الوادي حيث يسير وادي وتير في منطقة تأثرت بعمليات التصدع وبالتالي فقد تأثر طول الرتبة الرابعة باتجاه وادي وتير نفسه.

كذلك فقد وجد الطالب أن العلاقة بين الرتبة النهرية ومتوسط الطول تختلف عن المتوقع في حوض وادي وتير الأعلى ، فعلى حين بلغ طول الرتبة السادسة ١٦٥٩٧ مترا وصل طول الرتبة السابعة إلى ١٥٨٥٠ مترا فقط ، ومرة أخرى يمكننا القول بأن العوامل البنيوية الليثولوجية واتجاهات المجاري هى التى أدت إلى هذا الاختلاف

وقد تأثر المتوسط العام لحوض وادي وتير بالاختلافات السابقة حيث يقل طول مجاري الرتبة السابعة (١٤٣٢٥ متر) عن طول الرتبة السادسة (١٥٣٥٢ متر) ، كذلك يقل طول الرتبة التاسعة (٣١٨٠٠ متر) عن طول الرتبة الثامنة (٣٣٧٥٠ متر) ، ومرة أخرى نستطيع القول بأن الظروف الموضعية واختلاف نوع الصخر هو الذي أدى إلى هذا التباين .

---

(١) استحدث الطالب تسمية وادي الزلقة الأعلى والأوسط والأدنى لتمييزه ، حيث أنه في الجزء الأعلى يصل إلى الرتبة السادسة ، وفي الجزء الأوسط يصل إلى الرتبة السابعة وفي الجزء الأدنى يصل إلى الرتبة الثامنة .

د – المسافات بين المجارى

توجد مجموعة من العوامل المتحكمة في المسافات بين المجارى من أهمها نوع التكوينات الجيولوجية وخصائصها الليثولوجية مثل درجة صلابتها ودرجة نفاذيتها كما أن عامل البنية يلعب دورا كبيرا في تحديد المسافات بين المجارى وخاصة حركات التصدع ومدى انتشار الفواصل في الصخور ، كما توجد عوامل أخرى تتحكم في المسافات بين المجارى وإن كانت أقل تأثيرا مثل الظروف المناخية وكثافة النبات الطبيعي .

وقد قام الطالب بقياس المسافات بين المجارى باستخدام الطريقة التي اقترحها كارلستون ولانجبين(Carlston & Langbein ,1960) وتتلخص هذه الطريقة في رسم خط على الخريطة الكنتورية أو على خريطة مجارى الأودية بعد رسمها وليكن L وبعد ذلك يتم إحصاء عدد المجارى التي تتقاطع مع هذا الخط ولتكن N ثم تحسب المساحة بين المجارى من خلال الصيغة التالية :

$$D = \sin 45 X (L / N)$$

حيث

D تمثل المسافات بين المجاري

L " طول الخط المرسوم

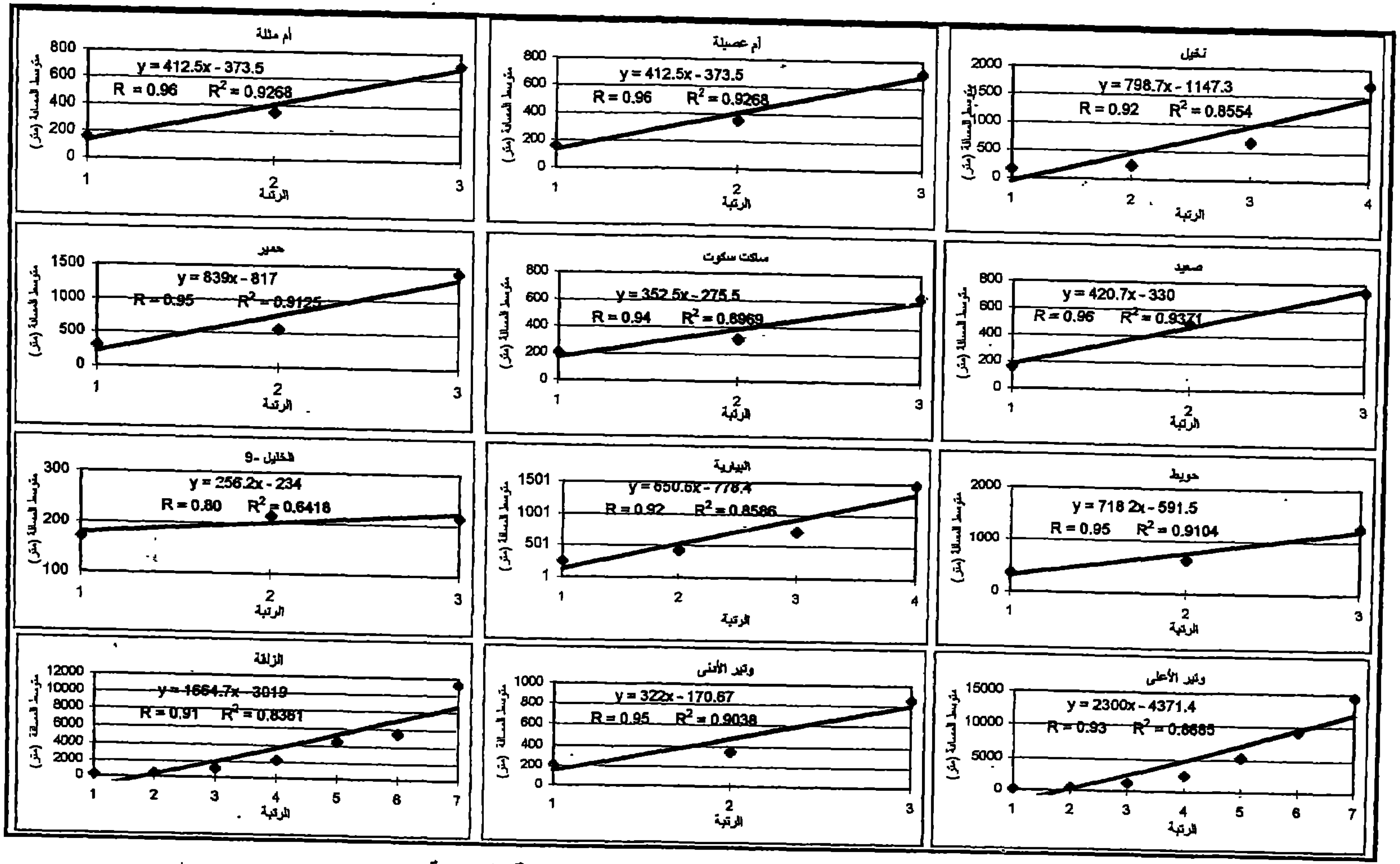
N " عدد المجاري التى تتقاطع مع الخط المرسوم

وينبغي أن يمر الخط المرسوم بأكبر عدد ممكن من المجارى النهرية الخاصة بالرتبة التي يتم قياس المسافات بين مجاريها ، (تراب ، ١٩٨٨، ص٣) ، ويوضح جدول (٣-٦) متوسط المسافات بين مجارى شبكة التصريف لحوض وادي وتير ومن دراسة الجدول السابق يتضح ما يلي :

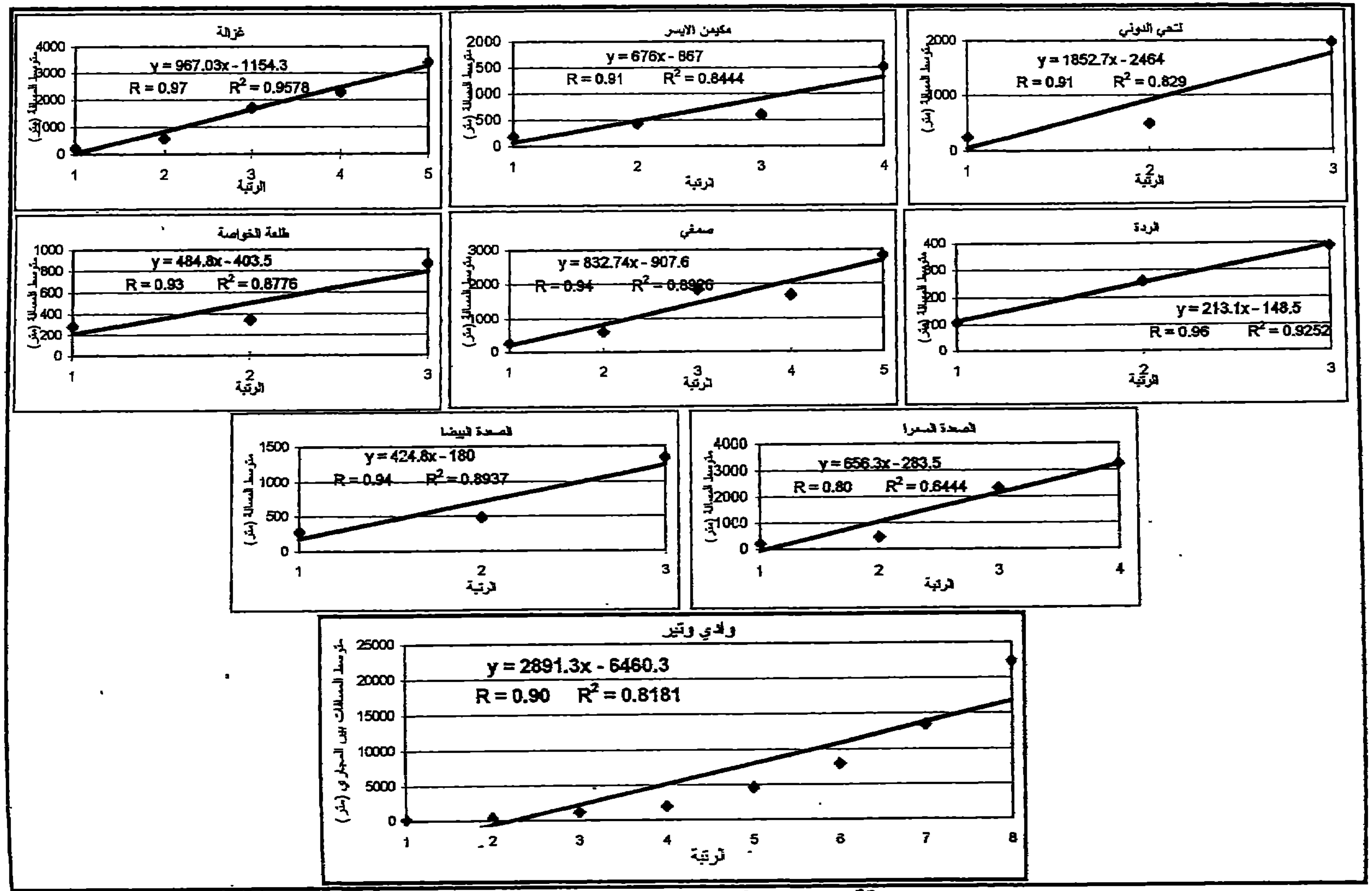
- بلغ المتوسط العام للمسافات بين المجارى على مستوى حوض وادي وتير (٢٣١-٤٦٦-١٢٢٤-٢٠٣٨-٤٦٤٧-٨٠١٢-١٣٤٣٨-٢٢٣٦٢ مترا) للرتب من الأولى وحتى الثامنة على التوالي ، ويختلف متوسط المسافة بين المجاري من رتبة لأخرى فعلى سبيل المثال فقد بلغ أكبر متوسط للمسافات بين المجارى في وادي وتير الأعلى والزلقة ، ويقل متوسط المسافات بين المجارى في الأودية **الصغيرة والتي لاتصل إلى الرتب العليا مثل وادي الخليل وطلعة الخواصة إذ** بلغ المتوسط ٢٠٠ – ٥٠١ مترا للواديين السابقين على التوالي .
- تتناسب المسافات بين المجارى تناسبا طرديا مع الرتبة النهرية بصفة عامة حيث تقل المسافات بين مجارى الرتب الدنيا وتزيد هذه المسافات بين مجارى الرتب العليا ، فعلى حين بلغت المسافة بين مجارى الرتبة الأولى ٢٣١ متر على مستوى حوض وادي وتير ، فقد ارتفعت المسافة

جدول (٣-٦) متوسط المسافات بين المجاري في حوض وادي وتير وروافده (بالامتار)

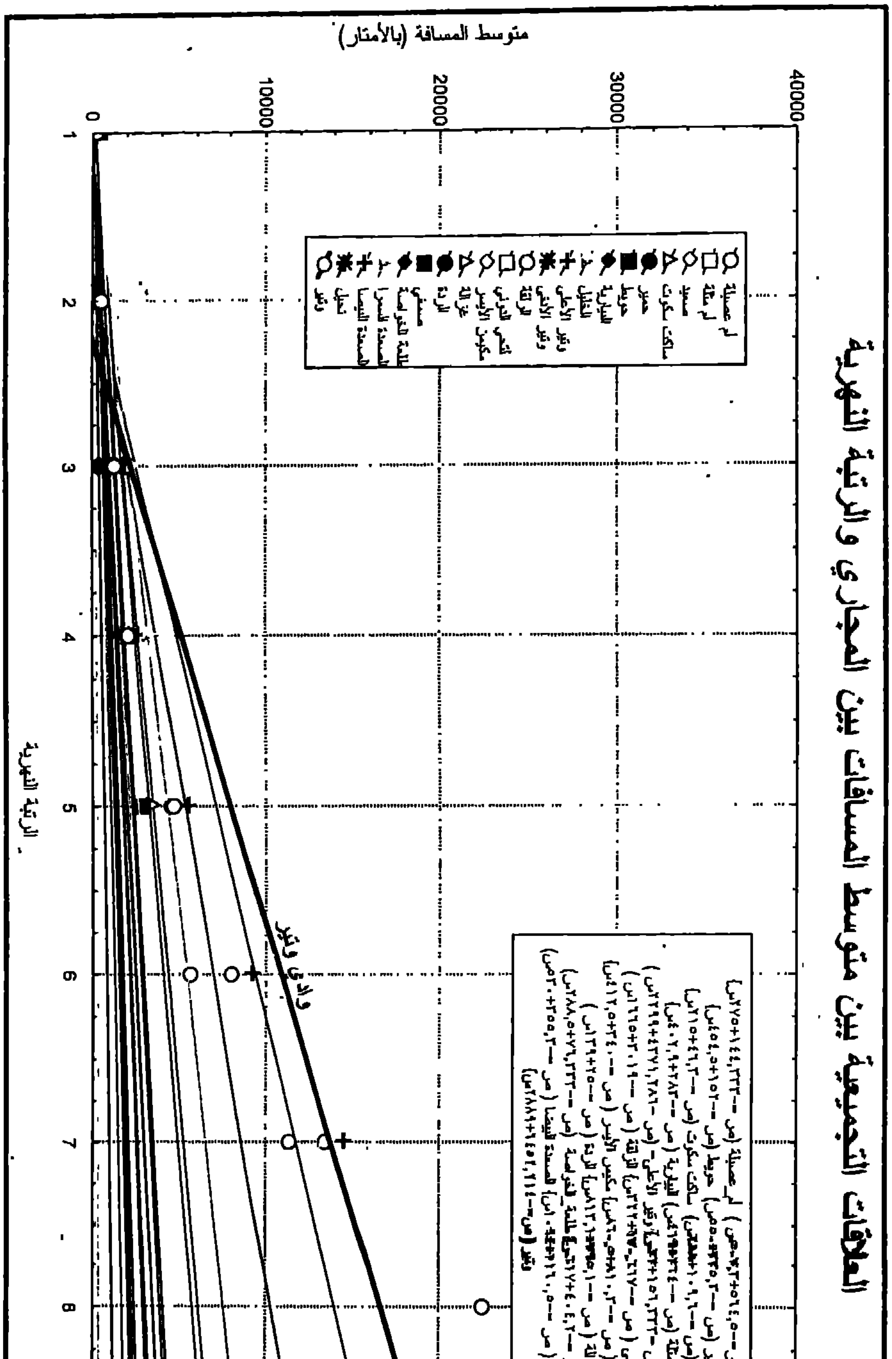
الرتبة / الوادي	الأولى	الثانية	الثالثة	الرابعة	الخامسة	السادسة	السابعة	الثامنة	التاسعة	المتوسط
وتير الأعلى	٢٣٣	٤٨٧	١٣٢٣	٢٥٩٣	٥٤٣١	٠٩٢٣٢	١٤٥٠٠			٣٢.١٧
الزلقة	٢٧٦	٤٦٧	١١٢٨	٢٢٥٦	٤٥١٤	٥٥٢٤	١١٣١٣			٢٣.٦١
نخيل	١٧٠	٢٤٥	٦٨٦	١٧١٤						٧٠٤
ام عصيلة	١٥٧	٣٥٣	٧٠٧							٤٠٦
ام مثلة	١٨٦	٥١٣	١٠٢٥							٥٧٥
صعيد	١٦٥	٤٩٥	٧٤٢							٤٦٧
ساكت سكوت	٢٠٦	٣٠٩	٦٣٦							٢.٨٤
حنير	٣١٤	٥٦٦	١٤١٤							٧٦٥
حويط	٣٦٣	٦٣٦	١٢٧٢							٧٥٧
الشارنه	٢٤٧	٤٢٤	٧٤٢	١٤٨٤						٧٢٤
الخليل	١٧١	٢١٥	٢١٥							٢٠٠
لحي التوني	٢٥٨	٤٩٥	١٩٧٩							٩١١
مكيمن الأيسر	٢٠٣	٤٣٤	٦٠٨	١٥٢٠						٦٩١
عزالة	٢٢١	٥٧١	١٧١٤	٢٢٨٦	٣٤٢٩					١٦٤٤
الردة	١١١	٢٥٩	٣٨٩							٢٥٣
صفي	٢٧٦	٦١٣	١٨٣٨	١٦٧٩	٢٨٢٨					١٤٤٧
طلعه الحواصة	٢٨٩	٣٤٧	٨٦٦							٥٠١
الصعدة السمرا	٢٣٤	٤٦٩	٢٣٤٥	٣٢٥٨						١٥٧٧
الصعدة البيضا	٢٨٣	٤٨٨	١٣٤٣							٧٠٥
وتير الأدنى	٢١٢	٣٥٢	٨٥٦							٤٧٣
وتير	٢٣١	٤٦٦	١٢٢٤	٢٠٣٨	٤٦٤٧	٨٠١٢	١٣٤٣٨	٢٧٣٦٢		١٦٥٢
الانحراف المعياري	٦١	١٢٢	٥٥٩	١١٦٠	١٠٤٢	٢٠٥٥	٢٢٥٤			١١.٢٤
معامل الاختلاف	٢٧	٢٨	٥١	٥٧	٣٠	٣٣	١٧			٧٩



شكل (٣-٩-أ) العلاقة بين المسافات بين المجاري والرتبة النهرية



شكل (٣-٩-ب) العلاقة بين المسافات بين المجاري والرتبة النهرية


العلاقات التجميعية بين متوسط المسافات بين المجاري والرتبة النهرية
متوسط المسافة (بالأمتار)
40000
30000
20000
10000
0
الرتبة النهرية
1
2
3
4
5
6
7
8
9
وادي وتير

شكل (٣-٩-ج)

بين مجارى الرتبة الثامنة لتصل إلى اكثر من ١٣ كم ، كذلك فقد أمكن تحديد العلاقة الهندسية بين الرتبة النهرية والمسافات بين المجارى لكل رافد من الروافد ولم تقل قيمة الارتباط في أي رافد عن ٠,٨٠ ، كما تراوحت قيم معامل التحديد R^2 بين ٠,٨٥ – ٠,٩٦ ، مما يدل على ارتباط كلا المتغيرين ببعضهما ارتباطا كبيرا ، شكل(٣-٩) .

- وجد الطالب أن هناك نوع من التجانس النسبي بين متوسط المسافات بين المجاري على مستوى أحواض الروافد إذ بلغ معامل الاختلاف (٢٧-٢٨-٥١-٥٧-٣٠-٣٣-١٧٪) للرتب من الأولى إلى السابعة على التوالي .
- كان لنوع الصخر وبنيته أثر كبير في تباين المسافات بين الرتب النهرية ، فقد قلت المسافة بين المجاري النهرية (خاصة مجاري الرتبة الأولى) في الأودية التي تجري فوق الصخور النارية، وقد يرجع ذلك إلى أن الصخور النارية تميل إلى تكوين المسيلات الصغيرة نتيجة لشدة الانحدار وانتشار الصدوع والفواصل وبالتالي تزيد أعداد مجاري الرتبة الأقل وتقل المسافات بينها مقارنة بالرتب الأعلى ، وعلى الجانب الأخر نجد أن الصخور الرسوبية الأقل صلابة تتميز بنوع من التجانس في شبكات تصريفها ، وذلك في حالة ثبات العوامل الأخرى .

هـ : اتجاهات المجارى

لاشك أن اتجاهات مجارى شبكة التصريف ذات دلالة مهمة على تصنيف الشبكة إلى مجموعات متباينة ، كما يمكن الاسترشاد باتجاهات المجارى في تبيان اثر الصدوع والفوالق في تحديد اتجاهات مجارى الشبكة وهناك عدة طرق لقياس اتجاهات المجارى ، (جودة ،عاشور، ١٩٩٦ ص٢٩٧-٢٩٨)

وتتمثل فيما يلي : -

- **اعتبار الخط الواصل بين أبعد نقطة على محيط الحوض والمصب بمثابة خط** متوسط لاتجاه الحوض ويطلق عليه اسم سمت الحوض Stream Azimuth ويعتبر هذا الخط مستوى مقارنة إذ تقاس زوايا انحراف كل رتبة عن هذا الخط ثم يتم تمثيل زوايا الاتجاه في بعض الأشكال البيانية .

- أما الطريقة الثالثة التي يقترحها الطالب فهي تتمثل في قياس انحراف كل رتبة نهرية عن اتجاه الشمال وقد تكون هذه الطريقة البسيطة مفيدة في مقارنة اتجاهات المجارى النهرية مع اتجاهات الصدوع والفوالق والفواصل .

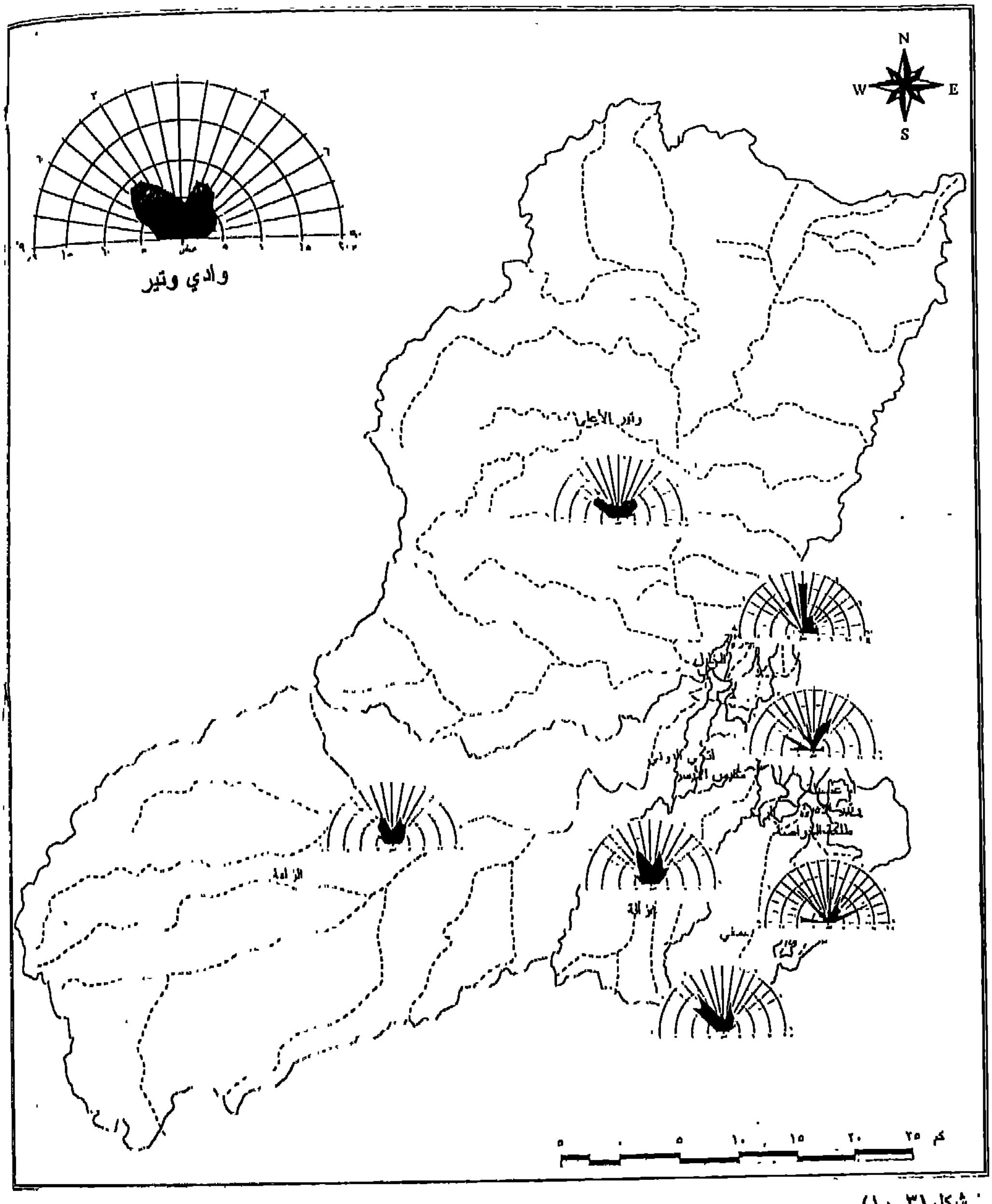
وقد روعيت بعض الاعتبارات الآتية عند قياس اتجاهات المجارى :-

- في حالة الأودية المتعرجة يتم قياس الاتجاه بالنسبة للخط المستقيم الذي يصل بين نقطة المنبع ونقطة المصب.
- في حالة الأودية المتشعبة إلى اكثر من مجرى يتم قياس الاتجاه على طول خط يتوسط المجرى الرئيسي .
- تم قياس اتجاهات المجارى الرئيسية على طول خط يصل بين نقطة المنبع ونقطة المصب.
- تم قياس الاتجاهات لعدد من الأودية الرئيسية بلغ عددها ٧ أودية هى (وتير الأعلى-الزلقة-غزالة -صمغي-الصعدة السمرا-نخيل-البيارية) وقد روعى أن تشمل هذه العينة المختارة الأودية الرئيسية مثل وتير الأعلى والزلقة وأن تشمل كذلك الأودية الصغيرة مثل نخيل والبيارية .
- ويتضح من خلال شكل (٣-١٠) الذي يمثل اتجاهات المجارى أن الاتجاهات الرئيسية للمجاري في حوض وادي وتير تتركز في اتجاهين رئيسيين هما الاتجاه الشمالي الشرقي والاتجاه الشمالي الغربي ، وهى في ذلك تأثرت بنظم الصدوع والفواصل الموجودة بالمنطقة

كذلك فقد وجد أن هناك تقارباً في اتجاهات المجارى للأودية التي تقع غرب المجرى الرئيسي لحوض وادي وتير وتتركز هذه الانحرافات بصفة عامة في الاتجاهات الشمالية الشرقية والشمالية الغربية كما يتضح في وادي الزلقة ووتير الأعلى وصمغي ، وربما يرجع ذلك إلى تأثر هذه الأودية بنظم الفواصل والفوالق ، وعلى الرغم من ذلك فهناك بعض الأحواض التي تنتظم فيها زوايا الاتجاه في كل الاتجاهات مثل حوض وادي الصعدة السمرا وربما يكون لشكل الحوض الذي يأخذ اتجاهاً عاما من الجنوب الغربي إلى الشمال الشرقي وانتظام الصدوع في اتجاهات مختلفة قد اثر على اتجاهات المجارى النهرية بالحوض

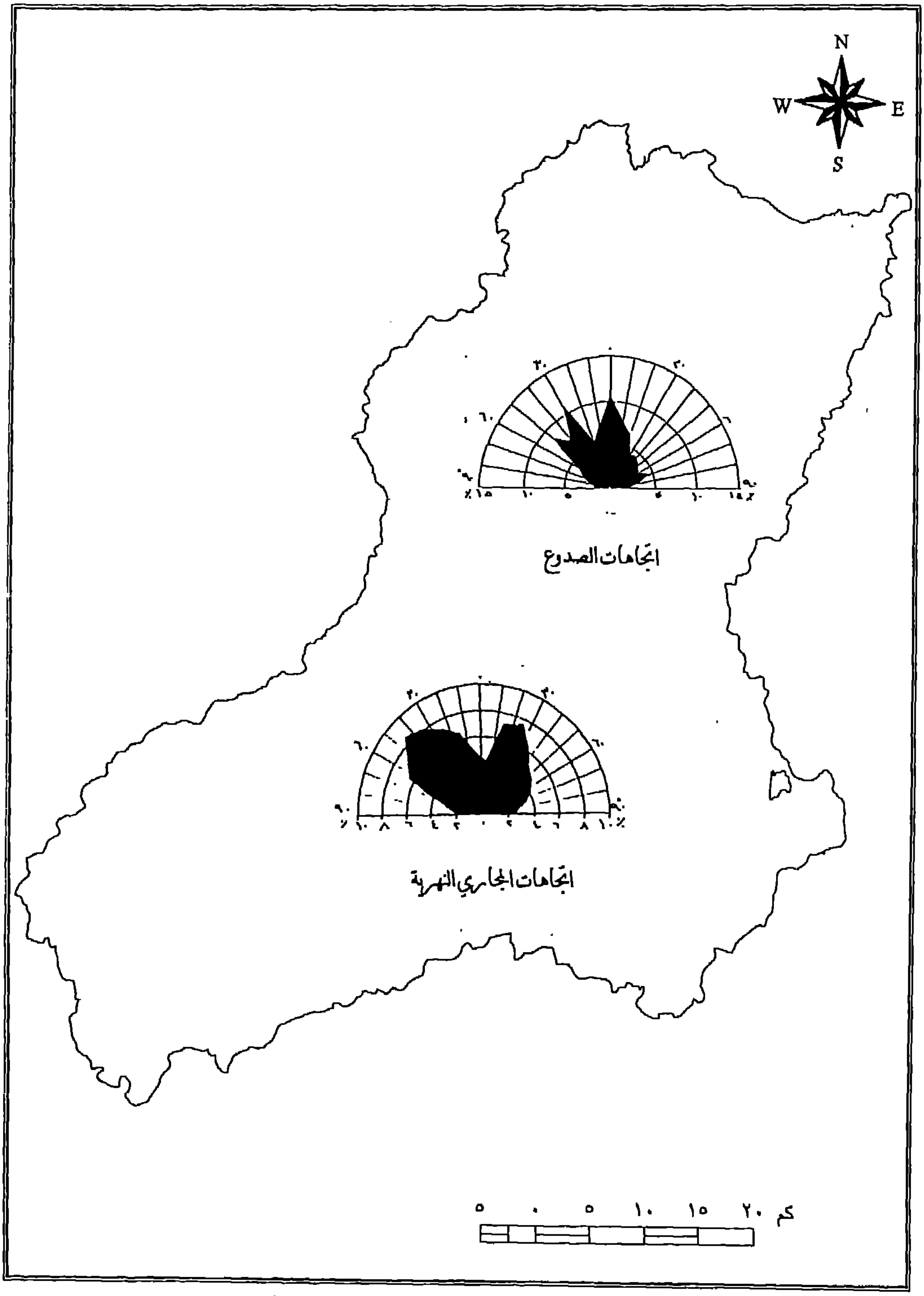
أما واديا الزلقة ووتير الأعلى فتعتبر من الأودية التى تتركز معظم مجاريها ضمن الاتجاه الشمالي الشرقي والشمال الغربي بصورة اكبر من الأودية التى سبق ذكرها وهذا يشير إلى تعاظم تأثير نظم الصدوع بهذه الأودية .

أما أودية الجانب الشرقي وخاصة واديي البيارية ونخيل فيتضح من الشكل أن اكثر من ٧٠٪ من مجاريهما تأخذ اتجاه شماليا غربيا وشماليا شرقيا ، ويتفق هذان الواديان في أن أغلب



شكل (٣-١٠)

اتجاهات المجاري في بعض روافد وادي وتير



شكل (٣-١١) العلاقة بين اتجاهات المجاري واتجاهات الصدوع في وادي وتير

مجاريهما تجرى فوق الصخور النارية التى تنتشر بها الصدوع بل أن بعض هذه الأودية تجرى مجاريها الرئيسية منطبعة فوق خطوط صدعية كما الحال في وادي نخيل ووادي البيارية .

من خلال العرض السابق ومن خلال شكل (٣-١١) يتضح أن اتجاهات المجارى بحوض الوادي قد تأثرت في المقام الأول بنظم الصدوع والفواصل والتى تأخذ الاتجاه الشمالي الغربي ثم الاتجاه الشمالي الشرقي ، كما أن الأودية الشرقية كانت اكثر تأثرا بالصدوع من أودية الجانب الغربي وربما يرجع ذلك إلى أن الأودية الشرقية تعد جزءا من النظام التكتوني لخليج العقبة ، وأن الأودية الغربية اقل تأثرا بهذا النظام ، كذلك فقد اتضح من الدراسة أن مجارى الرتبة الأولى اكثر تاثرا بنظم الصدوع والفواصل ، كما أن هذه المجارى تسهم إلى حد كبير في توجيه شبكاتها ، وكذلك حجم الحمولة التى تنقلها إلي مجاريها الرئيسية (تراب ، ١٩٨٨ ، ص١٢٢) .

و - تكرارية المجارى Stream Frequency

يستخدم هذا المعامل لقياس النسبة بين أعداد المجارى النهرية بالنسبة لمساحة الحوض بغض النظر عن أطوال هذه المجارى (جودة ، عاشور ، ١٩٩١ ،ص ٣٤٠) ويستخرج هذا المعامل من خلال العلاقة التالية :

$$S_f = \{ \Sigma S_n (n-1)\} / A$$

حيث :

S_n تمثل عدد المجارى النهرية لكل رتبة نهرية على حده

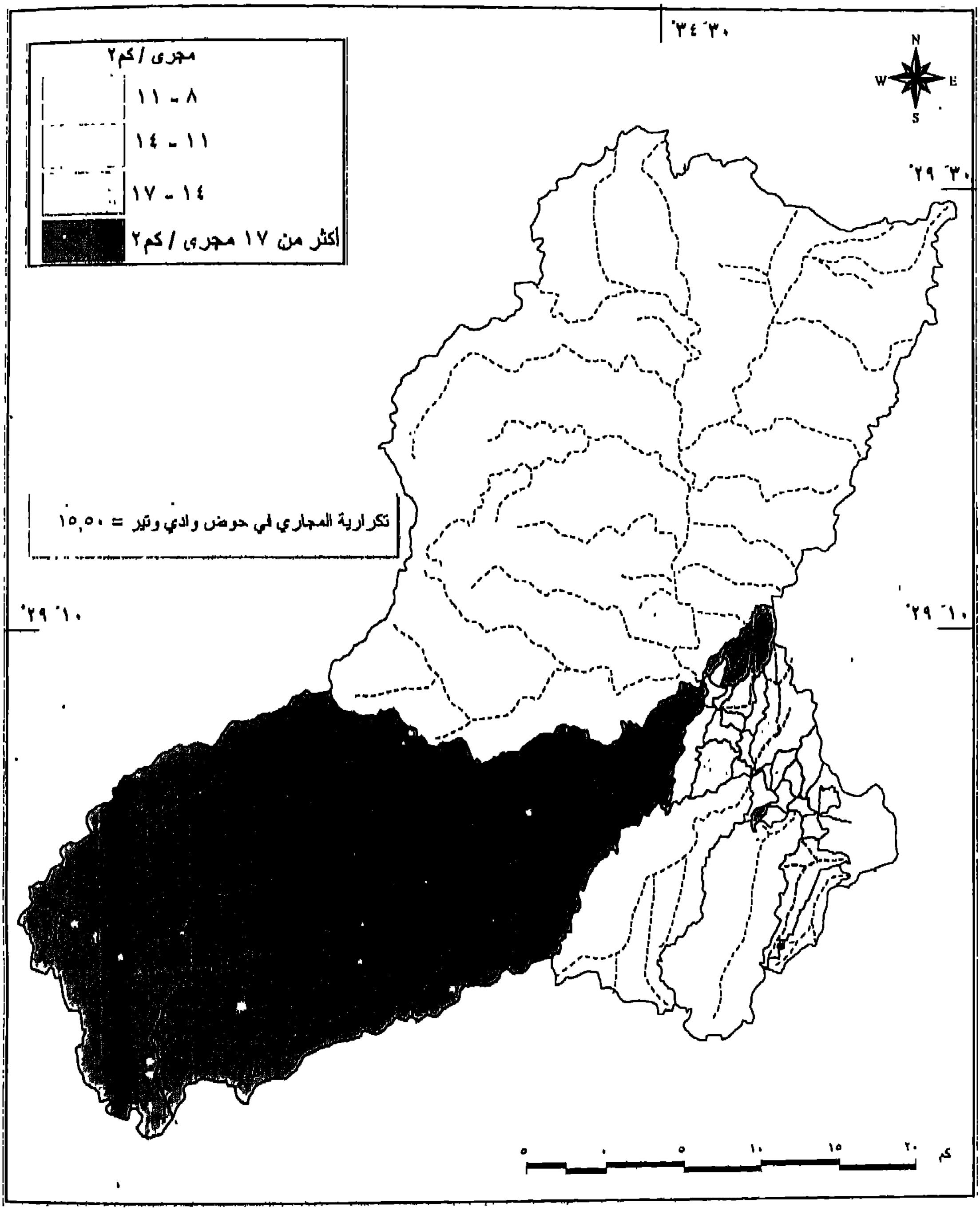
A تمثل المساحة

وتشير القيم المرتفعة لهذا المعامل إلى إمكانية عالية لتجميع المياه داخل حوض التصريف ومن ثم إحداث جريان سطحي بصورة أكبر ، وينبغي الإشارة إلى أن هذا المعدل - تكرارية المجارى - لا يقدم مؤشر كمي مباشر على حجم الجريان السطحي ، وعلى الرغم من ذلك فإن تكرارية المجارى يمكن استخدامها كبديل لكثافة التصريف في حالة تعذر الحصول على البيانات الخاصة بها (Kamal,et-al, 1980,p.824) .

ويوضح جدول (٣-٧) وشكل (٣-١٢) تكرارية المجارى في حوض وتير وروافده ومن خلال دراسة الجدول والشكل يتضح الأتي :-

جدول (٣-٧) تكرارية المجاري حوض وادي وتير وروافده (مجرى/كم٢)

الوادي / الرتبة	الأولى	الثانية	الثالثة	الرابعة	الخامسة	السادسة	السابعة	الثامنة	التاسعة	المتوسط
وتير الاعلى	٢٢	٣,٩٢	٠,٧٦	٠,١٧	٠,٠١٢	٠,٠٠٥	٠,٠٠٣	٠,٠٠٠٥		١٤,١١
الزلقة	١٥,٧	٤,١٧	٠,٧٥	٠,١٤	٠,٠٣	٠,٠١	٠,٠٠٢	٠,٠٠٠٧		١٨,٦٣
نخيل	٢٦,٦	٣,٧٢	٠,٥٠	٠,٢٣	٠,٠٣					١٥,١٤
ام عصلة	١٣,٣	٣,٤٣	٠,٧٤	٠,٣٠						١٥,٠٤
ام مثلة	١٨,٦	٤,٣٢	٠,٩٥	٠,١٢						١٥,٩٨
صعيد	٢٠	٥,٣٣	٠,٦٥	٠,٢٢						١٦,٥٧
ساكت سكوت	٢٢,٢	٥,٢٢	١,٥١	٠,٢٩						١٦,١٥
جير	٢١,٣	٣,٨١	٠,٦٨	٠,١٧						١٢,٩٤
حويط	٢١	٣,٥٨	١,٥٥	٠,١٣						١٦,٨١
البيارنة	١٦,٩	٤,١٠	٠,٧٤	٠,١٧	٠,٠٥					١٨,٠٨
الخليل	٢٥.٦	٣,٥١	٠,٩٨	٠,٤٨						٢٠,٤٦
لتحى النوبي	٢١,٨	٨,٢٨	١,٠٧	٠,٠٧						١٢
مكيمن الاسمر	١٩,٤	٥,٤٥	٠,٧٣	٠,١٧	٠,٠٧					١٤,٩٤
عرالة	٢٣,٧	٤,٥٣	٠,٦٧	٠,١٧	٠,٠٤	٠,٠١				١٢.١٠
الردة	٢٨,٥	٤,٦٢	١,٤٠	٠,٥٣						١٩,١٨
صمعي	١٨,٣	٣,٥٢	٠,٩٧	٠,٢٥	٠,٠٤	٠,٠١				١٢,٦٨
طلعة الحواصة	١٦,٨	٤,٣٢	٠,٩٩	٠,٢٩						١٥,٤٩
الصعدة السمرا	٣٦,٤	٤,٤٩	٠,٩٣	٠,١٥	٠,٠٤					١٥,٨٤
الصعدة البيضا	٢٨,٩	٤,٨	٠,٣٢	٠,٠٥						١٣,٣٩
وتير الادنى	٢٧,٣	٤,٢٠	٠,٥٧							٨,٢
وتير	٢٢,٢	٤,٤٧	٠,٨٧	٠,٢٢	٠,٠٣٨	٠,٠٠٦	٠,٠٠٢	٠,٠٠٠٦	٠,٠٠٠٣	١٥,٥
الانحراف المعياري	٥,٣٢	١,٠٥	٠,٣١	٠,١٢	٠,٠٢	٠,٠٠١١	٠,٠٠٠٤	٠,٠٠٠١		٢,٧٨
معامل الاختلاف	٢٣,٩	٢٣,٦	٣٥,٩	٥٥,٣	٤٢,٦	١٧,٦	١٦,٧٥	٢١,٨٥		١٧,٩٥



شكل(٣ - ١٢)

تكرارية المجاري في حوض وادي وتير وروافده

- بلغت تكرارية المجارى للحوض ١٥,٥ مجرى / كم٢ [١] وبصفة عامة يمكن القول بأن تكرارية المجارى مرتفعة بحوض وادي وتير ، وربما يرجع ذلك إلى شدة تأثر الحوض بعمليات التصدع والفواصل مما أدى إلى زيادة أعداد المجارى .

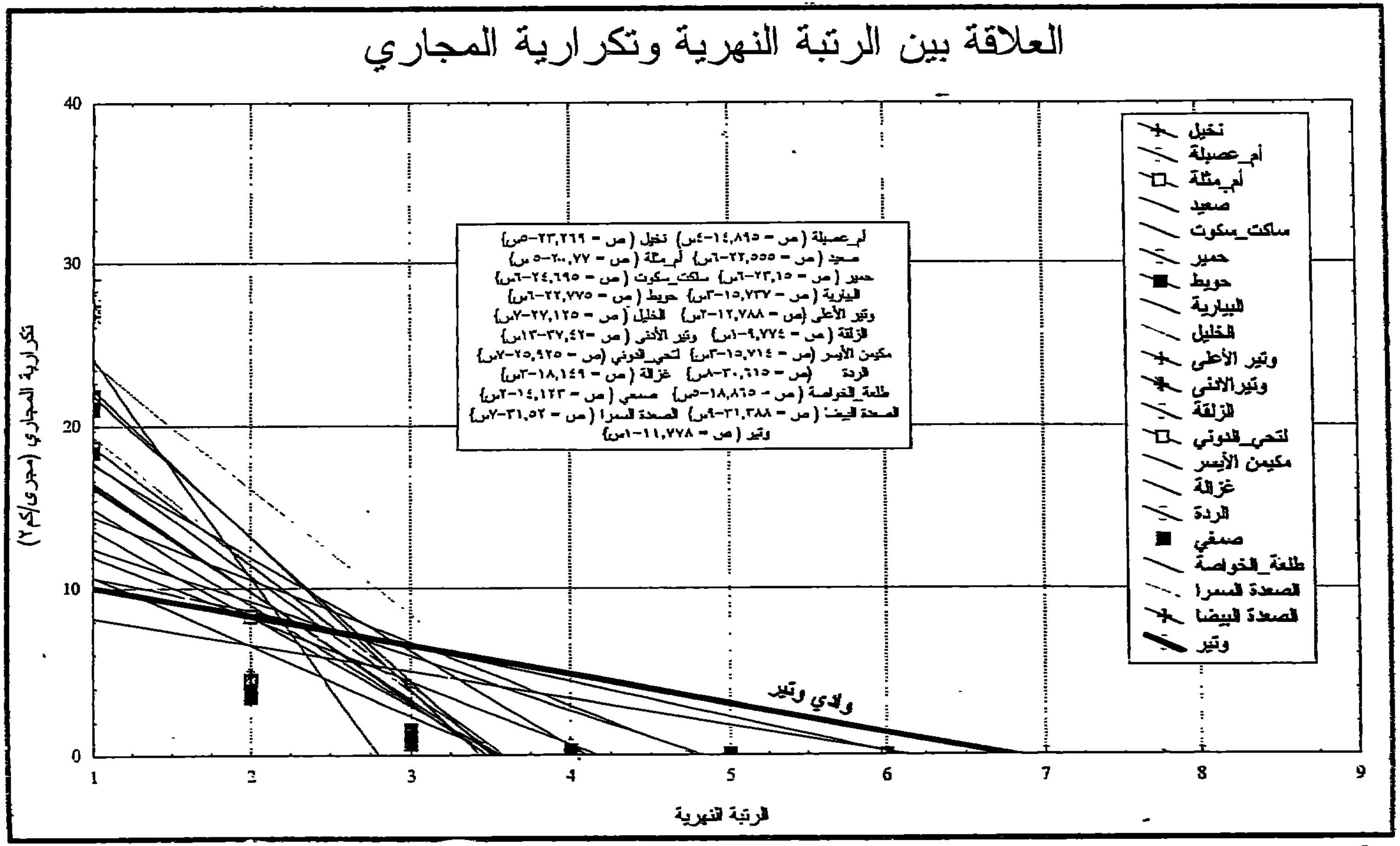
- تراوحت تكرارية المجارى على مستوى أحواض الروافد بين ٨,٢ مجرى /كم٢ في حوض وادي وتير الأدنى و ٢٠,٤ مجرى/كم٢ لحوض وادي الخليل ، شكل (٣-١٢) أي أن المدى بين الأرقام يبلغ ١٢,٢ وبلغ الانحراف المعياري ٢,٧٨ ، بينما بلغ معامل الاختلاف ١٧,٩ ٪ ، وتدل الأرقام السابقة على وجود نوع من التجانس النسبي بين أحواض الروافد وربما يرجع ذلك إلى ان ظروف تكوين هذه الأحواض كانت متشابهة إلى حد كبير .

- على الرغم من التجانس النسبي الذى سبق الإشارة إليه إلا أن النظرة المتفحصة للأرقام توضح أن هناك بعض الاختلافات ، إذ بلغ عدد الأودية التى تزيد عن المتوسط العام نحو ٩ أودية بنسبة ٤٥٪ من إجمالي أعداد الأحواض ، وقد سجلت ثلاثة أودية أعلى القيم وهى على التوالي وادي الخليل (٢٠,٤٦) ، وادي الردة (١٩,١٨) ، ويليهم وادي الزلقة (١٨,٦٣) والملاحظ أن هذه الأودية تتباين في مساحاتها تبايناً كبيراً فبينما بلغت مساحة وادي الزلقة نحو ١,٢ ألف كم٢ ، لا تتعدى مساحة الأودية الأخرى بضعة كيلومترات مربعة ، كما تتباين التكوينات الصخرية التى تؤلف سطح هذه الأودية ما بين التكوينات النارية والمتحولة والرسوبية مما يدل على أن عامل المساحة لا تأثير له في تكرارية المجارى كما أشار إلى ذلك هورتون ، (Horton,1945,p.286) ، وأشار إلى أن النسبة تكون واحدة في الأحواض صغيرة المساحة وكذلك الأحواض كبيرة المساحة.

- ويعتقد الطالب أن هناك عوامل أخري قد تحكمت في تكرارية المجارى من أهمها الصدوع والفواصل إلى جانب المرحلة الجيومورفولوجية ، فمعظم الأودية التى سجلت تكرارية مرتفعة تنتشر بها الصدوع والفواصل وخاصة أودية الخليل والبيارية وصعيد . وتقع هذه الأودية على الجانب الشرقي لمجرى الوادي الرئيسي وهو الجزء الذى تعرض لعمليات التصدع بصورة كبيرة نظرا لقربه من خليج العقبة وما صاحبه من تطورات تكتونية . أما بالنسبة لوادي الزلقة فيبدو أن **عامل المرحلة الجيومورفولوجية قد تحكم إلى حد كبير في تكرارية المجارى إذ اكتملت شبكة** الوادي بصورة كبيرة ، كذلك فقد ساعدت عمليات التصدع التى انتابت الجزء الجنوبي الغربي للوادي وعملت زيادة أعداد المجارى بهذا الجزء .

---

[١] وهذه النسبة مرتفعة مقارنة ببعض الدراسات العامة التي تناولت دراسة شبكة وادي وتير إذ بلغت هذه النسبة في إحدى الدراسات ٠,١١٧ مجرى /كم٢ ، (El_Rakaiby M .1989.p.314) ، وربما يرجع ذلك إلى اختلاف المصدر التي اعتمدت عليه عملية القياس ، فعلى حين اعتمدت الدراسة الحالية على الصور الجوية بصورة أساسية ، يبدو أن بعض الدراسات الأخرى ، قد اعتمدت على الخرائط صغيرة المقياس .


العلاقة بين الرتبة النهرية وتكرارية المجاري
تكرارية المجاري (مجرى/كم٢)
الرتبة النهرية
40
30
20
10
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
أم_عصبلة (ص = ١٤,٨٩٥-٤س) نخيل (ص = ٢٣,٢٦٩-ص)
صعيد (ص = ٢٢,٥٥٥-٦س) أم_مثلة (ص = ٢٠,٧٧-٥س)
حمير (ص = ٢٣,١٥-٦س) ساكت_سكوت (ص = ٢٤,٦٩٥-٦س)
البيارية (ص = ١٥,٧٢٧-٣س) حويط (ص = ٢٢,٧٧٥-٦س)
وتير الأعلى (ص = ١٢,٧٨٨-٢س) الخليل (ص = ٢٧,١٢٥-٧س)
الزلقة (ص = ٩,٧٧٤-١س) وتير الأدنى (ص = ٣٧,٤٢-١٣س)
مكيمن الأيسر (ص = ١٥,٧١٤-٣س) لتحي_الدوني (ص = ٢٥,٩٢٥-٧س)
الردة (ص = ٣٠,٦١٥-٨س) غزالة (ص = ١٨,١٤٩-٣س)
طلعة_الخواصة (ص = ١٨,٨٦٥-٥س) صعي (ص = ١٤,١٢٣-٢س)
الصعدة البيضا (ص = ٣١,٣٨٨-٩س) الصعدة السمرا (ص = ٣١,٥٢-٧س)
وتير (ص = ١١,٧٧٨-١س)
نخيل
أم_عصبلة
أم_مثلة
صعيد
ساكت_سكوت
حمير
حويط
البيارية
الخليل
وتير الأعلى
وتيرالأدنى
الزلقة
لتحي_الدوني
مكيمن الأيسر
غزالة
الردة
صمغي
طلعة_الخواصة
الصعدة السمرا
الصعدة البيضا
وتير
وادي وتير

شكل (٣-١٣)

- تقع معظم الأودية التى سجلت قيما منخفضة في تكرارية المجارى على الجانب الغربي لمجرى الوادي الرئيسي وأهمها أودية الصعدة البيضا (١٣,٣٢) ، لتحي الدوني (١٢,٠٠) ، غزاله (١٢,١٦) ، صمغي (١٢,٦٨) ، ومعظم هذه الأودية قطعت مقدارا لا بأس به في المرحلة الجيومورفولوجية وبالتالي لم تكتمل شبكتها النهرية في صورتها النهائية ، كما أن وجود هذه الأودبة على الجانب الغربي يعضد من فكرة أن هذه الأودية كانت اقل تأثرا بالتطورات التكتونية مقارنة بنظيرتها على الجانب الشرقي .
- لاحظ الطالب وجود علاقة عكسية بين تكرارية المجارى والرتب النهرية أي أن تكرارية المجارى تقل بالاتجاه صوب الرتب الأعلى أو صوب مصبات الأودية ، وتنطبق هذه القاعدة على كافة أحواض الروافد ، شكل (٣-١٣) ، وهذا أمر متوقع نظرا لزيادة أعداد مجارى الرتب الأدنى على حساب مساحاتها نتيجة لشدة الانحدار ومن ثم عظم الطاقة النهرية التى تمكن من زيادة أعداد المجارى .

وقد بلغت تكرارية المجارى (٢٢,٢-٤,٤٧-٠,٨٧-٠,٢٢-٠,٠٣٨-٠,٠٠٦-٠,٠٠٢-٠,٠٠٠٦-٠,٠٠٠٣) للرتب النهرية من الأولى إلى التاسعة على التوالي ، وقد لوحظ أن اكبر قيم لتكرارية المجارى للرتبة الأولى كانت لوادي الصعدة السمرا إذ بلغت ٣٦,٤ مجرى / كم٢ ، بينما كانت اقل القيم لوادي أم عصبلة (١٣,٣ مجرى /كم٢) .

ومن خلال علاقة خط الانحدار ، شكل (٣-١٣) ، يتضح أن العلاقة عكسية بين الرتبة النهرية وتكرارية على مستوى كل أحواض الروافد .

ز - معدل بقاء المجارى Maintenance

يعتبر شوم (Schumm,S.,1956,p.607) أول من قدم هذا المعامل وذلك للتعبير عن مقدار المساحة اللازمة لإمداد مجارى الشبكة بالمياه ، أي أن زيادة قيمة هذا المعامل يدل على كبر مساحة الحوض على حساب أطوال مجاريه ، ومن الممكن القول أن هذا المعامل يمثل مقلوب كثافة التصريف ، ويمكن حساب هذا المعامل من خلال العلاقة التالية

$$M = A / \Sigma L \quad Or \quad M = 1 / D_d$$

حيث

M تمثل معدل بقاء المجارى

A = تمثل مساحة الحوض

L = مجموع أطوال مجارى الشبكة

D_d = كثافة التصريف

ومن خلال دراسة الجدول التالي وشكل (٣-١٤) نلاحظ ما يلي :-

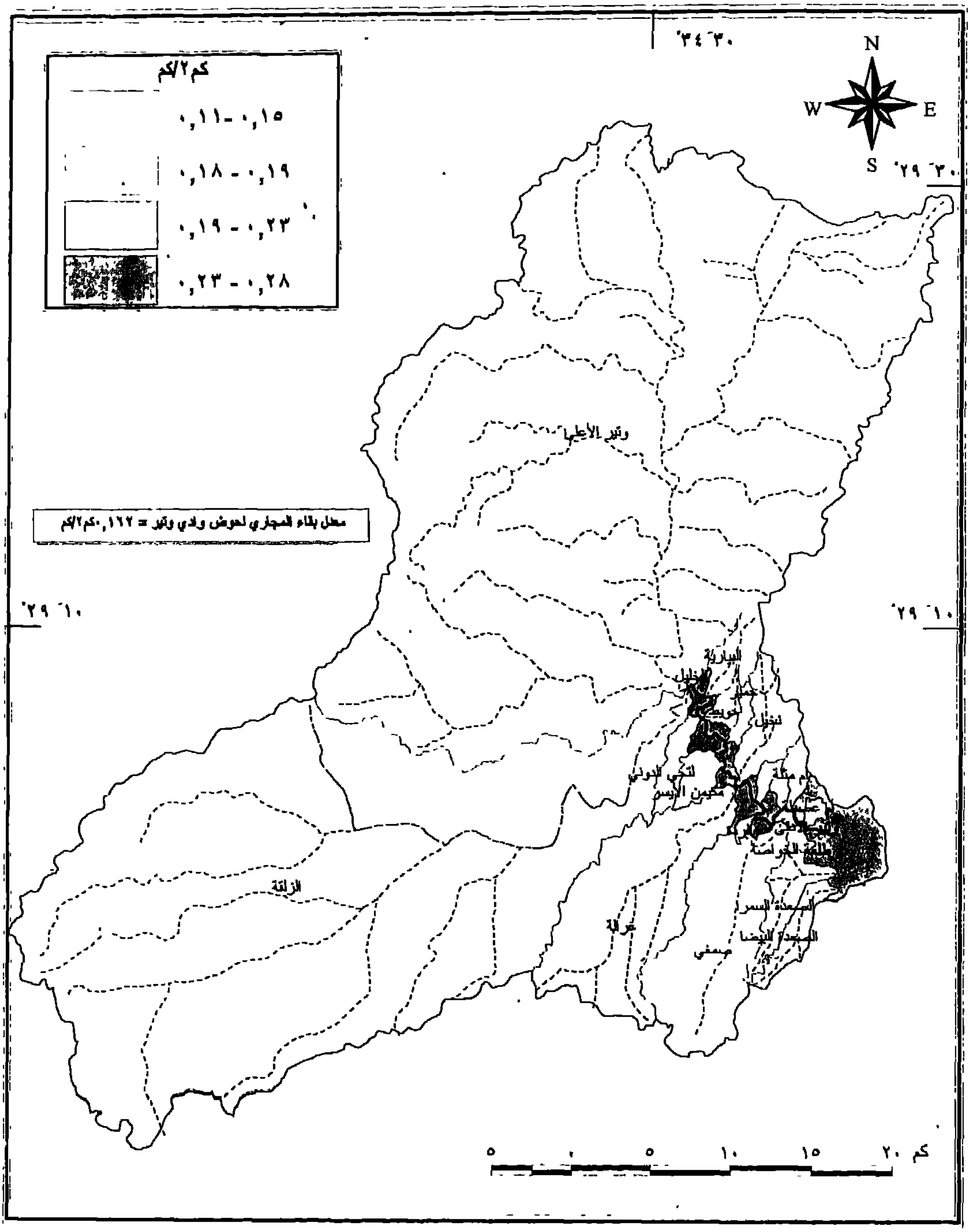
جدول (٣-٨) معدل بقاء المجاري لحوض وادي وتير وروافده

(كم٢/كم)

الوادي	المعدل	الوادي	المعدل
وتير الأعلى	٠,١٥٦	الخليل	٠,١١٣
الزلقة	٠,١٣٤	وتير الأدنى	٠,٢٠٢
نخيل	٠,١٧٤	الصعدة السمرا	٠,١٦٣
أم عصبلة	٠,١٧٥	لتحي الدوني	٠,١٧٨
أم مثلة	٠,١٥٩	مكيمن الأيسر	٠,١٦٣
صعيد	٠,١٧٠	غزالة	٠,١٥٧
ساكت سكوت	٠,١٦٢	الردة	٠,١٧٣
حمير	٠,١٧٤	صمغي	٠,١٣٥
حويط	٠,١٢٥	طلعة الخواصة	٠,١٩٤
البيارية	٠,١١٧	الصعدة البيضا	٠,١٨٣
وادي وتير		٠,١٦٢	

- بلغ معدل بقاء المجارى Maintenance للوادي الرئيسي ٠,١٦٢ كم٢/كم ، وهذا يعنى أن كل كيلو متر واحد من أطوال المجارى تغذيها مساحة تقدر بنحو ٠,١٦٢ كم٢ ، وتراوح نفس المعدل بين ٠,١١ - ٠,١٩ كم٢/كم على مستوى أحواض الروافد ، وبلغ الانحراف المعياري ٤,٨ بينما بلغ معامل الاختلاف ٤٦٪ وهى قيمة قليلة تعكس التجانس بين أحواض الروافد ، ويبدو أن عامل المرحلة الجيومورفولوجية قد تحكم إلى حد بعيد في بعض القيم المرتفعة لبعض الأودية مثل نخيل وصعيد طلعة الخواصة وأم عصبلة ، والذي يدل على أن شبكة هذه الأحواض لم تكتمل بعد في صورتها النهائية وبالتالي تقل أعداد مجاريها مقارنة بتلك الأودية التى قطعت شوطا لا بأس به في المرحلة الجيومورفولوجية واكتملت- أو شبه اكتملت - شبكتها النهرية في صورتها النهائية مثل اودية الزلقة ووتير الأعلى .

ومن المحتمل أن عامل نوع الصخر Lithology قد لعب دورا في ارتفاع بعض القيم وخاصة أودية نخيل والصعدة السمرا الصعدة البيضا إذ أن معظم صخور هذه الأودية هى صخور نارية صلبة يصعب نحتها بسهولة ولذلك قلت أعداد المجارى على حساب مساحة أحواضها .



شكل (٣-١٤) معدل بقاء المجاري في حوض وادي وتير وروافده

ومن خلال دراسة معدل بقاء المجارى على مستوى الرتب النهرية لكل أحواض الروافد ، شكل (٣-١٥) وجدول (٣-٩) ، يتضح انخفاض القيم في الرتب الأدنى(الأولى - الثانية - الثالثة) ويشير ذلك إلى زيادة أطوال مجارى هذه الرتب على حساب المساحة مما يعضد من حقيقة أن عمليات النحت الرأسي والتعميق تزيد بصورة كبيرة في الأجزاء العليا من المجارى على حساب عمليات النحت الأفقي التى تؤدى إلى زيادة مساحة الأحواض ، (تراب ، ١٩٨٨،ص١٥٤) .

وتظهر العلاقة بين الرتبة النهرية ومعدل بقاء المجارى كعلاقة طردية موجبة ، في كافة أحواض الروافد أي أن قيم معدل بقاء المجارى ترتفع في الرتب الأعلى ذلك لأن الرتب العليا تزيد مساحاتها التجميعية على حساب أطوالها ، كما اتضح ارتفاع القيم في واديي وتير الأعلى والزلقة ويرجع ذلك إلى أن هذين الواديين يصلان إلى الرتبة الثامنة بينما لا تصل بقية الأودية لأكثر من الرتبة السادسة .

ح - نسبة النسيج الطبوغرافي **Texture Ratio**

يعبر هذا المعامل عن درجة تقطع الحوض بالمجارى النهرية ، ويتأثر هذا المعامل بعدة عوامل من أهمها المناخ والتكوينات الجيولوجية والنبات الطبيعي والمرحلة التى يمر بها الوادي .

ويمكن الحصول على معدل النسيج الطبوغرافي من خلال العلاقة التالية :-

$$T = N / P$$

حيث :

T تمثل النسيج الطبوغرافي

N عدد المجارى النهرية

P طول محيط الحوض

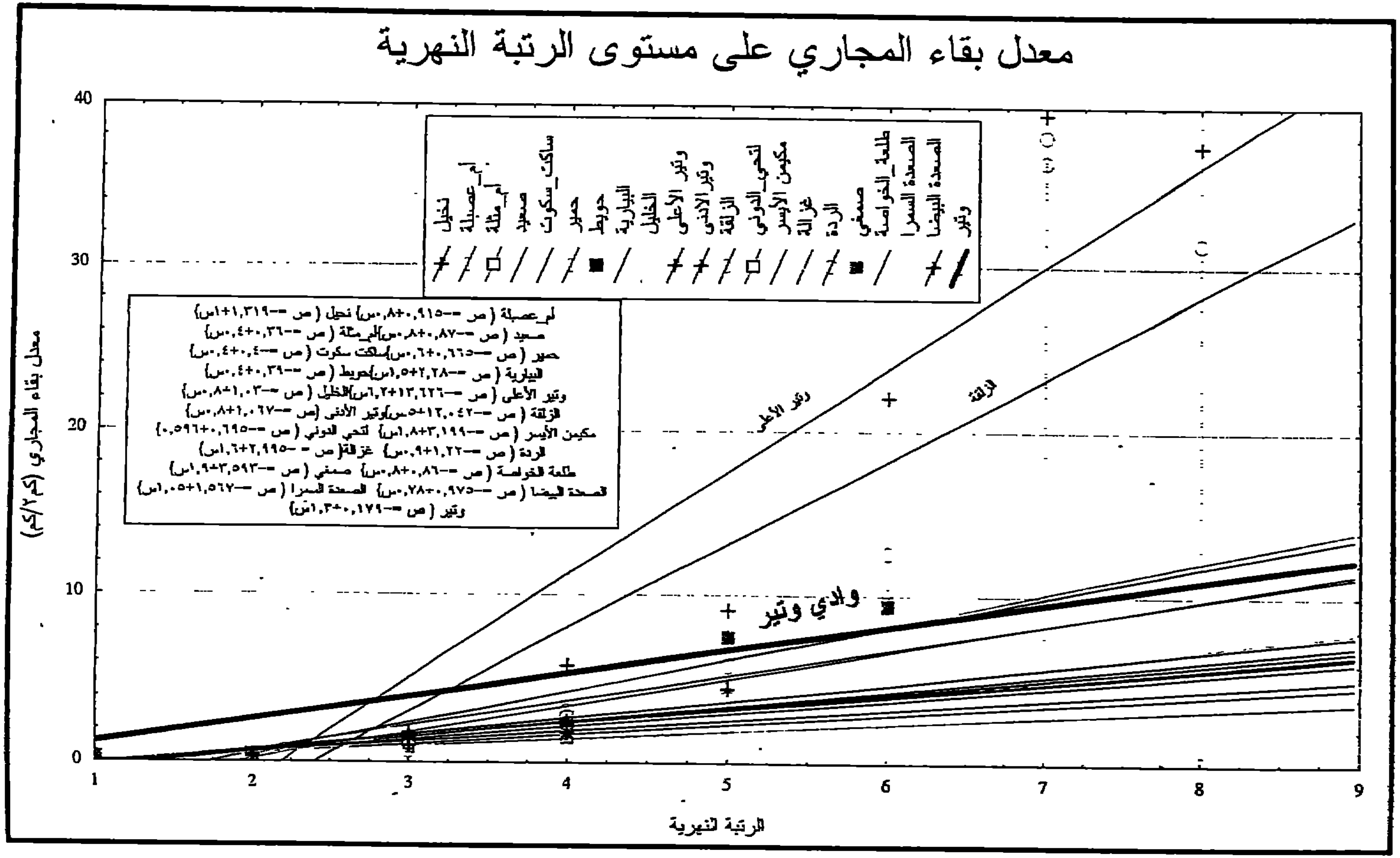
وقد توصلت موريساوا (Morisawa, 1968,p.160) ، إلى تصنيف الأودية إلى أربع فئات بحسب معدل نسيجها الطبوغرافي كما يلي :

جدول (٣-١٠) **تصنيف الأودية حسب معدل النسيج الطبوغرافي**

الفئة	نوع النسيج	معدل النسيج الطبوغرافي	الخصائص الحوضية
الأولى	خشن	اقل من ٨ مجرى/كم	صخور ذات نفاذية عالية مع وفره في النبات الطبيعي
الثانية	متوسط	٨-٢٠ مجرى/كم	نفاذية عالية مع وفره في النبات الطبيعي وتساقط المطر
الثالثة	ناعم	٢٠-٢٠٠ مجرى/كم	صخور غير منفده مع كمية مطر كبيرة وقلة في النبات الطبيعي
الرابعة	ناعم جدا	اكثر من ٢٠٠مجرى/كم	صخور غير منفده وعدم وجود نبات طبيعي مع وابل من المطر

جدول (٣-٩) معدل بقاء المجاري على مستوى الرتبة النهرية (كم٢-كم)

الرتبة / الوادي	الأولى	الثانية	الثالثة	الرابعة	الخامسة	السادسة	السابعة	الثامنة	التاسعة
وتير الاعلى	٠,٠٤	٠,٢٥	١,٣٢	٥,٨	٩,١١	٢٢,١١	٣٩,٥	٣٧,٥	
الرلقة	٠,٢٤	٠,٣٨	١,١٢	٢,٧٢	٣,٩٥	٨,٦٧	٣٦,٥	٣١,٣	
نخيل	٠,١٦	٠,٤١	١,٦	١,٨	٤,٤٨				
ام عصلة	٠,٢٩	٠,٣٦	١,٢٦	٢,٧٧					
ام مثلة	٠,١٨	٠,٤٣	٠,٩٣	١,٥١					
صعد	٠,١٨	٠,٣٨	١,٥٥	٢,٤٨					
ساكت سكوت	٠,١٦	٠,٣٥	٠,٩٨	١,٤٧					
حمر	٠,١٤	٠,٤٤	١,١٣	٢,٠٥					
حوبط	٠,١٢	٠,٤٤	٠,٩٧	١,٤٦					
الباوته	٠,١٦	٠,٣٤	٠,٩٨	٣,٦٦	٦,٠٢				
الخليل	٠,١١	٠,٥٢	٠,٩٥	٢,٨					
لتحي الدوي	٠,١٥	٠,١٧	١	١,٨٦					
مكيمن الاسر	٠,١٩	٠,٢٩	١,٠٧	١,٦٦	٨,٨٦				
حراله	٠,١١	٠,٣٣	١,٣٣	١,٦٤	٢,٠٢	١٠,٢٥			
الردد	٠,١٨	٠,٣٣	٠,٧١	٣,١٣					
صملي	٠,١٣	٠,٢٩	٠,٨٦	١,٤٥	٧,٥١	٩,٤٢			
طلعه الحواصد	٠,٢٨	٠,٤٢	١,٣٢	٢,٧٠					
الصعدة السمرا	٠,١٢	٠,٣١	١,١٧	١,٦٠	٤,٧٣				
الصعده البيضا	٠,١٣	٠,٣٢	٠,٩٨	٢,٥٣					
وتير الادنى	٠,٠٣	٠,٢٤	١,٧٨						
وتير	٠,١٥	٠,٣٥	١,١٥	٢,٣٧	٥,٨٣	١٢,٦١	٣٨,١	٣٤,٣	[illegible]
الانحراف المعياري	٠,٠٦	٠,٠٨	٠,٢٧	١,٠٥	٢,٥	٦,٣٤	٢,١	٠,٠٠٥	
معامل الاختلاف	٤١,٢	٢٣,٢	٢٣,٤	٤٤,٣	٤٢,٩	٥٠,٤	٥,٥٤	٤,١٣	


معدل بقاء المجاري على مستوى الرتبة النهرية
معدل بقاء المجاري (كم٢/كم)
الرتبة النهرية
نخيل
أم_عصبلة
أم_مثلة
صعيد
ساكت_سكوت
حمير
حويط
البيارية
الخليل
وتير الأعلى
وتير الادنى
الزلقة
لتحي_الدوني
مكيمن الأيسر
غزالة
الردة
صمغي
طلعة_الخواصة
الصعدة السمرا
الصعدة البيضا
وتير
وتير الأعلى
الزلقة
وادي وتير
0
10
20
30
40
1
2
3
4
5
6
7
8
9

شكل (٣-١٥)

وقد ربط سترالر (Strahler,1957,p.916) بين معدل النسيج الطبوغرافي من جهة وكثافة التصريف من جهة أخرى وقد توصل إلى أن الأحواض التى تتألف من صخور الحجر الرملي الصلبة تتميز بانخفاض قيم كثافة التصريف وكذلك قيم معدل النسيج الطبوغرافي إذ أن المجارى تكون على مسافات متباعدة فيما بينها وتتمثل هذه الفئة في أحواض الأبلاش بولاية بنسلفانيا التى تتألف من صخور الحجر الرملي ، وبلغ متوسط كثافة التصريف لهذه المجموعة ٤,٥ كم/كم٢ بينما بلغت قيمة معدل النسيج الطبوغرافي ٢,٧ مجرى/كم ، وقد أطلق سترالر على أودية هذه المجموعة أودية ذات نسيج خشن Coarse Texture Basins .

أما المجموعة الثانية فقد تمثلت في أودية جنوب كاليفورنيا إذ تتألف صخورها من الصخور النارية والمتحولة وبلغ متوسط كثافة التصريف ١١,٩ كم/كم٢ بينما بلغ متوسط النسيج الطبوغرافي ٧,٩ مجرى/كم ، وقد وصفها سترالر على أساس أنها أودية ذات نسيج متوسط Medium Texture Basins

وتمثلت المجموعة الثالثة في أودية جنوب كاليفورنيا التى تجري فوق الرواسب المفككة البليستوسينية ، وبلغ متوسط كثافة التصريف لهذه الفئة ١٣,٥ كم/كم٢ وكان متوسط النسيج الطبوغرافي ١١ مجرى/كم وصنفت هذه الأودية على أساس أنها ذات نسيج ناعم Fine Texture Basins .

وارتفعت قيم كثافة التصريف ومعدل النسيج الطبوغرافي في الأودية التى تجرى فوق الأراضي الوعرة badland في ولاية أريزونا ، إذ بلغت كثافة التصريف ٣٠٠ كم/كم٢ وبلغ معدل النسيج الطبوغرافي ١٠٠ مجرى/كم .

أما المجموعة الأخيرة فقد تمثلت في أودية نيوجيرسي التى تجرى في فوق الأراضي الوعرة وقد بلغ متوسط كثافة التصريف لهذه الأودية نحو ٧٠٠-٩٠٠ كم/كم٢ بينما بلغ متوسط النسيج الطبوغرافي ٣٠٠ مجرى /كم ومن الممكن أن نطلق على أودية هذه المجموعة بأنها ذات نسيج ناعم جدا Ultra-Fine

ويعتقد الطالب أن هناك مجموعة من العوامل التى تحكم معدل النسيج الطبوغرافي وكذلك كثافة التصريف من أهمها نوع الصخر وبنيته والنبات الطبيعي وكثافة وكمية التساقط والانحدار ومساحة الحوض وكذلك المرحلة الجيومورفولوجية التى يمر بها الوادي ، وبناء على ذلك فلا نتوقع أن تتشابه جميع الأودية في حال تشابهها في عامل واحد أو أكثر ذلك لأن هذه العوامل تتشابك سويا ويصعب تحديد العامل أو مجموعة العوامل التى تلعب الدور الرئيسي في تحديد معدل النسيج الطبوغرافي .

وبدراسة معدل النسيج الطبوغرافي لحوض وادي وتير وروافده ومن خلال الجدول التالي وشكل (٣-١٦) يتضح ما يلي :-

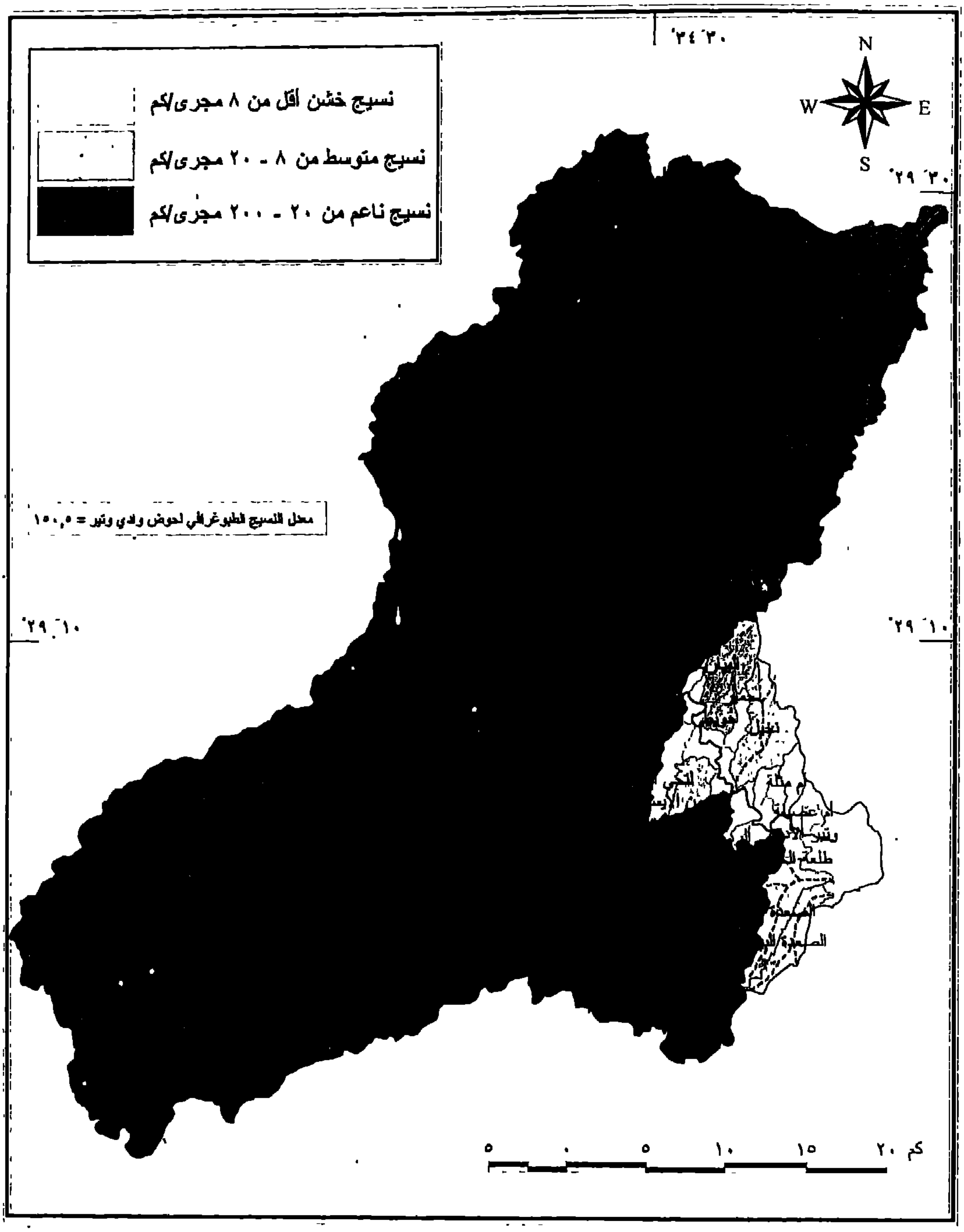
جدول (٣-١١) معدل النسيج الطبوغرافي لحوض وادي وتير وروافده

(مجرى/كم)

الواجي	المعدل	الواجي	المعدل	الواجي	المعدل
نخيل	١٥,٦٢	الخليل	٥,٥٨	صمغي	٢٦,٧٦
ام عصيلة	٥,٧٤	وتير الأعلى	١٠٩,٠٨	طلعة الخواصة	٦,٤١
ام مثلة	٨,٦٨	وتير الأدنى	٦,٠٣	الصعدة السمرا	١٠,٥٧
صعيد	٧,١٣	الزلقة	١١٨,٧	الصعدة البيضا	٨,٠٦
ساكت سكوت	٦,٦٣	لتحي الدوني	٧,٠٩	وتير	١٥٠,٥
حمير	٥,١٧	مكيمن الأيسر	١١,٣٤	الانحراف	٣٢,٥
حويط	٨,٣٨	غزالة	٢٦,٥٣	معامل الاختلاف	١٥٧,٤
البيارية	١٤,٨٢	الردة	٤,٩٩		

- بلغ معدل النسيج الطبوغرافي لحوض وادي وتير ١٥٠ مجرى/كم وتتراوح أحواض الروافد بين ٥,١٧ (وادي حمير) و١١٨ مجرى/كم (وادي الزلقة) .
- تقع معظم أودية الحوض بما فيها الحوض الرئيسي ضمن الفئة الثالثة وهى فئة النسيج الناعم ، وقد كان لعامل نوع الصخر وبنيته ودرجة الانحدار والمرحلة الجيومورفولوجية أثره في تقطع معظم أودية الروافد وزيادة معدلات النسيج الطبوغرافي بها .
- أغلب الأودية التى تقع في فئة النسيج الخشن والمتوسط تقع في نطاق الصخور النارية التى يصعب نحتها بسهولة ، كما أن معظم هذه الأودية ذات مساحات محدودة وبالتالي تتلقى كميات قليلة من الأمطار داخل أحواضها ، ويعتبر دور النبات الطبيعي محايدا إذ أن الأودية ذات النسيج الخشن والأخرى ذات النسيج الناعم يندر وجود النبات الطبيعي بها باستثناء قيعان مجاريها .

وبدراسة العلاقة بين معدل النسيج الطبوغرافي وكثافة التصريف ، يتضح أن العلاقة طردية بمعنى أن معدل النسيج الطبوغرافي يزيد طرديا بزيادة كثافة التصريف ، وتتسم الأودية بانخفاض قيم معدل النسيج وكثافة التصريف لمعظم أودية الروافد ويبدو أن عامل المرحلة **الجيومورفولوجية كان له دورا كبيرا في تحديد مواضع أحواض التصريف ، فالأحواض الصغيرة** التى لم تقطع سوى شوطا قليلا في المرحلة الجيومورفولوجية تميزت بانخفاض قيم كثافة التصريف ومعدل النسيج الطبوغرافي بينما الأودية الكبيرة التى قطعت شوطا لا بأس به في المرحلة الجيومورفولوجية مثل وادي الزلقة فقد تميزت بارتفاع قيم كثافة التصريف ومعدل النسيج الطبوغرافي .



شكل (٣-١٦)
معدل النسيج الطبوغرافي في حوض وادي وتير وروافده

ح - كثافة التصريف **Drainage Density :**

من أهم المعاملات المورفومترية التى توضح خصائص حوض التصريف وعلى الرغم من سهولة الحصول على قيمتها إلا أنها ذات تأثير واضح على خصائص الحوض المورفومترية الأخرى وكذلك على مدخلات حوض التصريف INPUTS ومخرجاته OUTPUTS ، كما أن كثافة التصريف تستخدم لفهم العمليات الجيومورفولوجية السائدة في حوض التصريف .

ويمكن الحصول على كثافة التصريف من خلال المعادلة التى اقترحها هورتون ، (Horton,1945,p.283) :

$$D_d = \Sigma L / A$$ حيث

D_d تمثل كثافة التصريف

L إجمالي أطوال المجارى (كم)

A مساحة حوض التصريف (كم٢)

وقد أشار (Summerfield, 1991,p.208) إلى أن كثافة التصريف تتراوح بين ٥كم/كم٢ في صخور الحجر الرملي المنفذة إلى اكثر من ٥٠٠ كم/كم٢ في مناطق الأراضي الوعرة

ولتوضيح أثر العامل الجيولوجي على كثافة التصريف فقد أوضح (Fairbridge,1964,p.904) أن أقل قيم لكثافة التصريف ٣ - ٤ ميل / ميل٢ وجدت في طبقات الحجر الرملي الصلبة ، أما المناطق ذات الصخور متوسطة الصلابة فتصل بها كثافة التصريف إلى ٨ - ١٦ ميل / ميل٢ .

كما أشارت (Morisawa, 1962,p.1035) إلى أن الصخور الصلبة تعمل على زيادة طول المجاري التى تجري فوقها على حساب أعدادها .

وقد قام سميث وسترالر ، بتقسيم كثافة التصريف إلى فئات حسب نوع الصخر (Gregory, & Walling,1976,p.45) وقياسا على تقسيم معدل النسيج الطبوغرافي إلى مجموعة من الأنسجة فقد قسمت أيضا كثافة التصريف إلى الفئات التالية :

جدول (٣-١٢) تصنيف كثافة التصريف حسب نوع الصخر

النسيج	كثافة التصريف (كم/كم٢)	الوصف
خشن	أقل من ٥	صخور منفذة + مطر قليل
متوسط	٥ - ١٣,٧	مناطق رطبة
ناعم	١٣,٧ - ١٥٥,٣	مناطق الأراضي الوعرة.
ناعم جدا	أكثر من ١٥٥,٣	

وقد أوضح (Schumm, 1977, pp.22-23) أن كثافة التصريف ترتفع في الصخور الضعيفة والتربة غير المنفذة Weak Rock with Impermeable Soil وتنخفض في الصخور الصلبة والتربة ذات النفاذية العالية ، بل أن بعض الباحثين قد ذهب إلى أبعد من ذلك وأشار إلى إمكانية التعرف على نوع الصخر وخصائصه من خلال كثافة التصريف ، ففي دراسته عن أنواع مختلفة من الصخور في شرق الولايات المتحدة أوضح كارلستون أن كثافة التصريف ترتبط طرديا مع الجريان السطحي وعكسيا مع الجريان تحت السطحي Baseflow ومن ثم فإن الأودية التى تتألف من صخور غير منفذة سوف تؤدى إلى فيضانات مرتفعة وقليل من الجريان تحت السطحي كما أن هذه الحقيقة تفسر زيادة كمية الحمولة في الأحواض التى تتألف من تكوينات الحجر الرملي المنفذ .

وعلي الرغم من عظم تأثير نوع الصخر وبنيته علي الأشكال الأرضية بصفة عامة وعلي كثافة التصريف بصفة خاصة ، إلا أنه من المبكر جدا الحديث عن علاقة بينهما تتضمن السبب والنتيجة Cause & Effect .

ولا يمكن إغفال أثر عامل المناخ على كثافة التصريف ولكن لا يجب عند الحديث عن أثر المناخ استخدام عنصر المطر بمفرده وإغفال العناصر الأخرى مثل درجة الحرارة والتبخر والنتح (Gregory & Walling, 1976, p.272) وقد اتضح أن كثافة التصريف تزيد بزيادة متوسط التساقط السنوي وكذلك مع زيادة كثافة المطر وكذلك مع زيادة كثافة الجريان السطحي Runoff Intensity وقد أوضح (Melton, 1957) أن كثافة التصريف ترتبط عكسيا "-٠,٩٤" مع مؤشر ثورنثويت لقياس فاعلية المطر [١]

وقد ارجع (Cotton, 1963) اختلاف التصريف بين غرب أوربا وشرق الولايات المتحدة إلى أسباب مناخية .

كذلك تعد كثافة التصريف من أهم المتغيرات التى تحدد حجم الجريان السطحي وكمية الحمولة كما أنها من أهم المؤشرات المرتبطة بالعمليات الجيومورفولوجية داخل حوض التصريف ، وقد اتضح أن كثافة التصريف ترتبط مع متوسط طول الجريان Average Length of Overland Flow [٢]

---

(١) مؤشر ثورنثويت لقياس المطر

$$P\text{-}E = \{115\sum_{12}(P/(T-10))^{1.11}\}$$

حيث P تمثل متوسط التساقط الشهري

T تمثل المتوسط الشهري لدرجة الحرارة

(٢) "Length of overland flow is the mean distance from channel up maximum valley side slopes to drainage divide"

من خلال العلاقة التالية :

$$L_g = 1 / 2d$$

حيث L_g تمثل متوسط طول الجريان

d تمثل كثافة التصريف

كما أن كثافة التصريف تتناسب طرديا مع متوسط الجريان السطحي من خلال العلاقة التالية :

$$Q_{2.33} \alpha D_d^2$$

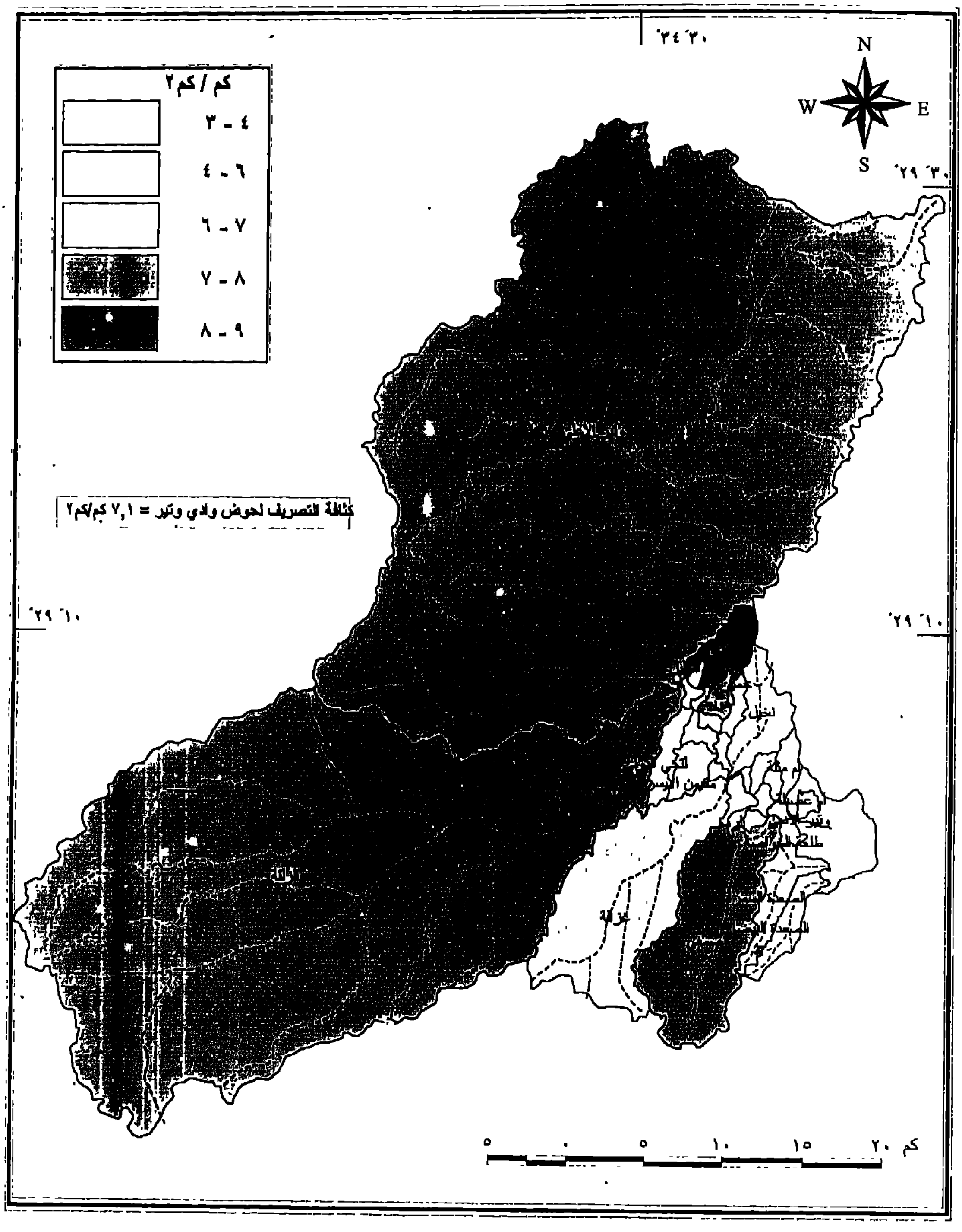
كذلك فإن كثافة التصريف ترتبط ارتباطا وثيقا بتطور حوض التصريف نفسه ، ففي تجربة عملية قام بها شوم (Schumm, 1977,pp.66-67) توصل إلى أن كثافة التصريف تزيد مع تطور حوض التصريف نفسه مع ثبات مستوى القاعدة ثم تتجه إلى التناقص في المرحلة الأخيرة لدوره التعرية ، وفي حالة تغير مستوى القاعدة بالانخفاض ترتفع كثافة التصريف وتستمر على ارتفاعها على الرغم من قلة انحدار السطح ، بلغت نسبة الانحدار ٠,٧٥٪ - مقارنة بالحالة الأولى التى لم يتغير فيها مستوى القاعدة بينما كانت نسبة الانحدار ٣,٢ ٪ .

وبدراسة كثافة التصريف في حوض وادي وتير وروافده جدول ، (٣-١٣) ، يتضح ما يلي

جدول (٣-١٣) كثافة التصريف في حوض وادي وتير وروافده

الوادي	كثافة التصريف كم/كم٢	الوادي	كثافة التصريف كم/كم٢	الوادي	كثافة التصريف كم/كم٢
نخيل	٥,٧	الخليل	٨,٨١	صمغي	٧,٤
أم عصبلة	٥,٧	وتير الأعلى	٧,١	طلعة الخواصة	٥,٢
أم مثلة	٦,٣	وتير الأدنى	٣,٦	الصعدة السمرا	٦,١
صعيد	٥,٩	الزلقة	٧,٥	الصعدة البيضا	٥,٥١
ساكت سكوت	٦,٢	التحي الدولي	٥,٦	وتير	٧,١
حمير	٥,٧	مكيمن الأيسر	٦,١٠	الانحراف المعياري	١,٢٣
حويط	٨	غزالة	٦,٤	معامل الاختلاف	١٩,٣
البيارية	٨,٦	الردة	٥,٨	متوسط أحواض الروافد	٦,٣

أن كثافة التصريف تتراوح بين ٥ كم/كم٢ لوادي البرقة و ٨,٨١ كم/كم٢ لوادي الخليل بينما بلغت كثافة التصريف لوادي وتير ٧,١ كم/كم٢ ، وبصفة عامة يمكن القول أن كثافة التصريف منخفضة بالحوض الرئيسي وأحواض الروافد ، وان التباينات الطفيفة بين الأحواض



شكل (٣-١٧) كثافة التصريف في حوض وادي وتير

ترجع إلى الاختلافات الصخرية ، إذ تتسم الأودية التى تجرى فوق الصخور النارية الصلبة غير المنفذة بانخفاض قيم كثافة التصريف كما هو الحال في أودية أم مثلته ونخيل والصعدة البيضا والصعدة السمرا ومكيمن الأيسر ، أما الأودية التى تتألف صخور من صخور اقل صلابة سواء كانت صخور جيرية أو صخور الحجر الرملي فتزيد فيها كثافة التصريف نسبياً وخاصة في أودية وتير الأعلى والزلقة ، شكل (٣-١٧) .

ويمكن القول أن جميع الأودية بصفة عامة لم تكتمل بعد شبكتها التصريفية في صورتها النهائية وذلك نتيجة لظروف الجفاف التى تسود المنطقة في الوقت الحاضر ولذلك فمن الملاحظ انخفاض كثافة التصريف بصفة عامة في الحوض ، (Schumm, 1977,pp.66-67) .

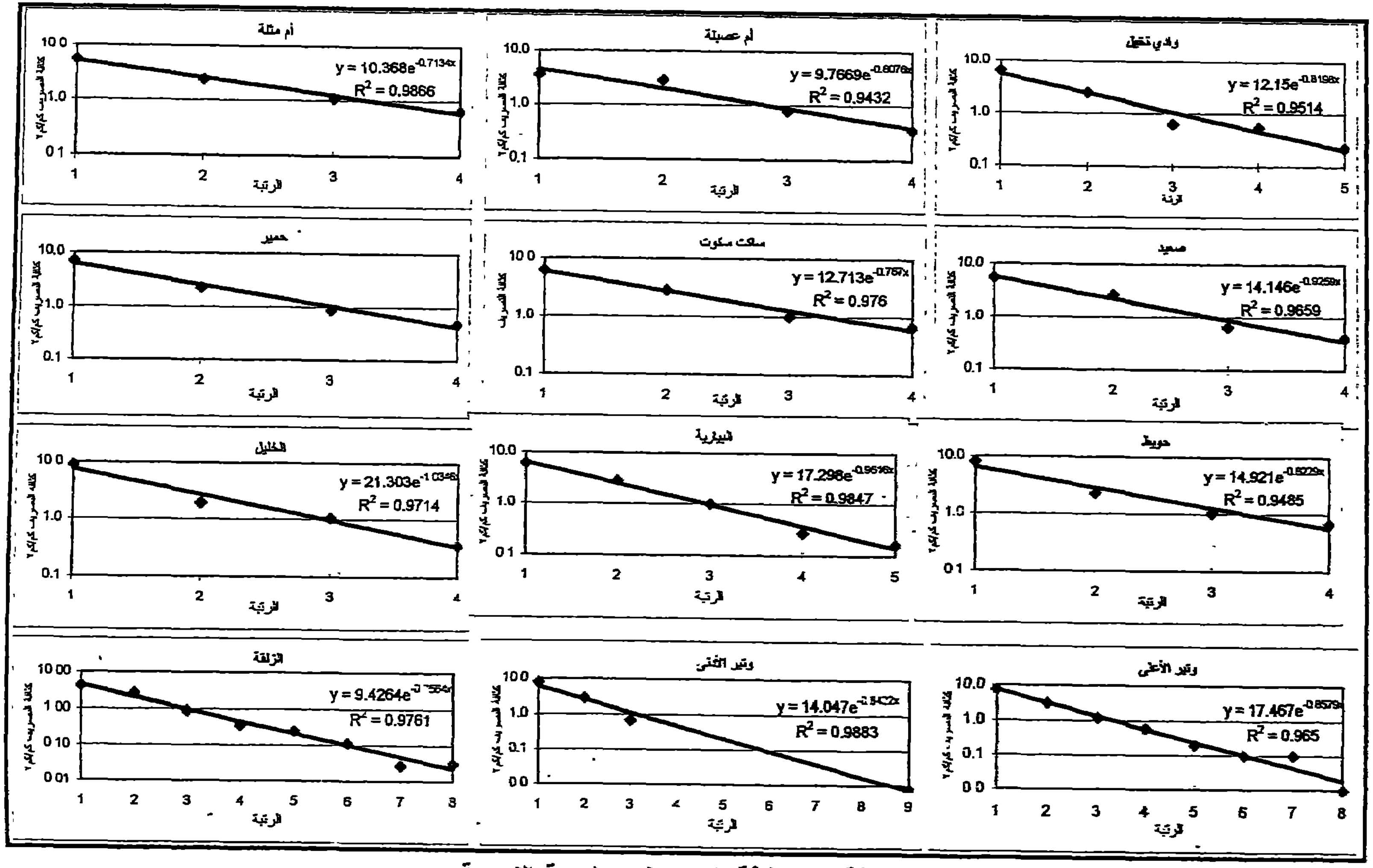
ومن خلال دراسة العلاقة بين الرتبة النهرية وكثافة التصريف ، شكل (٣-١٨) ،جدول (٣-١٤) يتضح أن العلاقة عكسية في جميع الأودية بما فيها حوض الوادي الرئيسي أي أن كثافة التصريف ترتفع في الرتب الأدنى وتقل في الرتب الأعلى ، ويعتبر هذا أمراً منطقياً فمن المعروف ان مجارى الدرجة الأولى والثانية تتسم بزيادة أعدادها وأطوالها على حساب مساحاتها إذ أن الأودية في هذه المرحلة تتميز بصغر مساحة أحواضها بل في بعض الأحيان يكون المجرى هو الوادي نفسه ثم تبدأ الأودية في الاتساع شيئاً فشيئاً وتبدأ في تكوين أحواض كبيرة المساحة فتقل بالتالي كثافة التصريف .

ويلاحظ من خلال الأشكال أيضا اقتراب النقط من خط الانحدار مما يدل على قوة العلاقة ، كما يدل على قوتها معامل التحديد R^2 الذى لم يقل عن ٠,٩٠ وبلغ معامل التحديد للوادي الرئيسي ٠,٩٩ مما يدل على أن نحو ٠,٩٩ من الاختلافات في قيم كثافة التصريف ناتجة عن التغير في الرتبة النهرية وأن ٠,٠١ فقط من الاختلافات ناتجة عن عوامل عشوائية يصعب تحديدها .

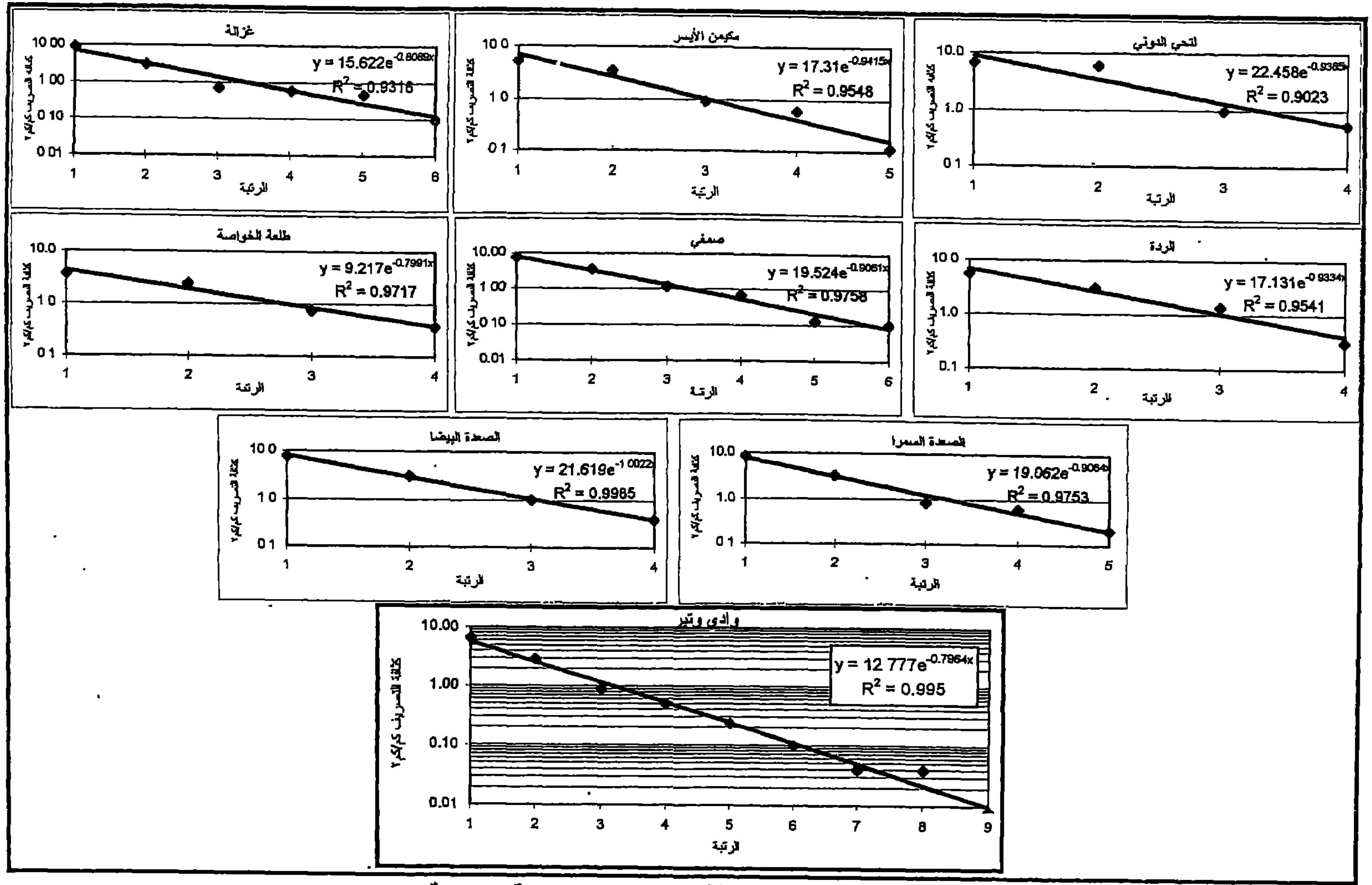
وبدراسة العلاقة بين كثافة التصريف وكل من المساحة ومعدل التضرس على مستوى أحواض الروافد وعلى الرغم من أن كل من جريجوري ووالنج (Gregory,&Walling,1976,p.42) قد أقرا بوجود علاقة عكسية بين كل من كثافة التصريف والمساحة ، إلا أن دراسة هذه العلاقة على مستوى أحواض الروافد أوضح أنه لا توجد علاقة تقريباً بين المساحة وكثافة التصريف إذ بلغت قيمة معامل الارتباط ٠,١٤ ، ويبدو أن تأثير عامل المساحة على كثافة التصريف تأثيراً محدودا ، إذ يبدو أن هناك عوامل أخرى اكثر تأثيراً على كثافة التصريف من أهمها نوع الصخر والمرحلة الجيومورفولوجية .

جدول (٣-١٤) **كثافة التصريف على مستوى الرتب النهرية (كم/كم٢)**

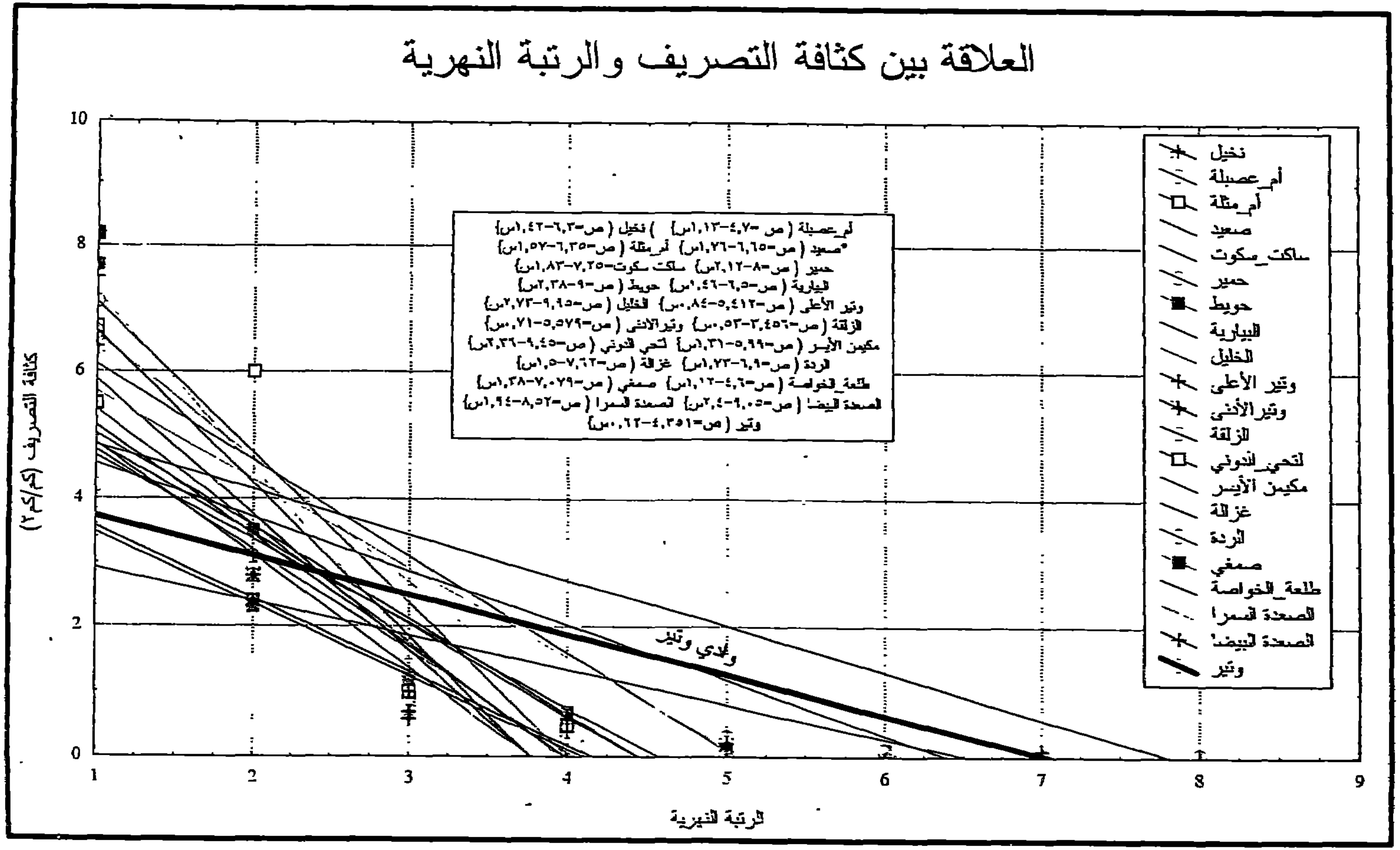
أسم الوادي	الأولى	الثانية	الثالثة	الرابعة	الخامسة	السادسة	السابعة	الثامنة	التاسعة
وتير الأعلى	٧,٥	٣,١	١,٢	٠,٦	٠,٢	٠,١	٠,١	٠,٠١	
الزلقة	٤,٢	٢,٦	٠,٩	٠,٤	٠,٣	٠,١	٠,٠٢٧	٠,٠٣١	
نخيل	٦.٤	٢,٤	٠,٦	٠,٦	٠,٢			٠	
أم عصبلة	٣,٥	٢,٨	٠,٨	٠,٤					
أم مثلة	٥,٥٠	٢,٤	١,١٠	٠,٧					
صعيد	٥,٥٠	٢,٧	٠,٤	٠,٤					
ساكت سكوت	٦,٢	٢,٨	١,٠	٠,٧					
حمير	٧,١	٢,٣	٠,٩	٠,٥					
حويط	٨,٢	٢,٣	١,٠	٠,٧					
البيارية	٦,٢	٢,٩	١,٠	٠,٣	٠,٢				
الخليل	٩,٢	١,٩	١,٠	٠,٤					
لتحي الدوني	٦,٧	٦	١,٠	٠,٥					
مكيمن الأيسر	٥,٢	٣,٥	٠,٩	٠,٦	٠,١				
غزالة	٩,١	٣,٠	٠,٨	٠,٦	٠,٥	٠,١			
الردة	٥,٥٠	٣,١	١,٤	٠,٣					
مسفي	٧,٧٠	٣,٥	١,٢	٠,٧	٠,١٣	٠,١١			
طلعة الخواصة	٣,٦	٢,٤	٠,٨	٠,٤					
الصعدة السمرا	٨,٦	٣,٢	٠,٩	٠,٦	٠,٢				
الصعدة البيضا	٧,٧٠	٣,١	١,٠	٠,٤					
وتير الأدنى	٨,١	٢,٨	٠,٧	-	-	-	-	-	٠,٠٠٨
وادي وتير	٦,٦١	٢,٩	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
الانحراف المعياري	١,٧٠	٠,٨٣	٠,١٩	[illegible]	٠,٢٧	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
معامل الاختلاف	٢٥,٨	٢٨,٤	٢٠,٩	٢٨,٣	٢٨,٣	٢٨,٣	٢٨,٣	٢٨,٣	



شكل (٣-١٨-أ) العلاقة بين كثافة التصريف والرتبة النهرية



شكل (٣-١٨-ب) العلاقة بين كثافة التصريف والرتبة النهرية


العلاقة بين كثافة التصريف والرتبة النهرية
كثافة التصريف (كم/كم٢)
الرتبة النهرية
أم_عصيلة (ص =٤,٧-١,١٣س) نخيل (ص=٦,٣-١,٤٢س)
صعيد (ص=٦,٦٥-١,٧٦س) أم_مثلة (ص=٦,٣٥-١,٥٧س)
حمير (ص=٨-٢,١٢س) ساكت سكوت=٧,٢٥-١,٨٣س
البيارية (ص=٦,٥-١,٤٦س) حويط (ص=٩-٢,٣٨س)
وتير الأعلى (ص=٥,٤١٢-٠,٨٤س) الخليل (ص=٩,٩٥-٢,٧٣س)
الزلقة (ص=٣,٤٥٦-٠,٥٣س) وتير الأدنى (ص=٥,٥٧٩-٠,٧١س)
مكيمن الأيسر (ص=٥,٩٩-١,٣١س) لتحي الدوني (ص=٩,٤٥-٢,٣٦س)
الردة (ص=٦,٩-١,٧٣س) غزالة (ص=٧,٦٢-١,٥س)
طلعة_الخواصة (ص=٤,٦-١,١٢س) صمغي (ص=٧,٠٧٩-١,٣٨س)
الصعدة البيضا (ص=٩,٠٥-٢,٤س) الصعدة السمرا (ص=٨,٥٢-١,٩٤س)
وتير (ص=٤,٣٥١-٠,٦٢س)
وادي وتير
نخيل
أم_عصيلة
أم_مثلة
صعيد
ساكت_سكوت
حمير
حويط
البيارية
الخليل
وتير الأعلى
وتير الأدنى
الزلقة
لتحي_الدوني
مكيمن الأيسر
غزالة
الردة
صمغي
طلعة_الخواصة
الصعدة السمرا
الصعدة البيضا
وتير
10
8
6
4
2
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9

شكل (٣-١٨-جـ)

كذلك فقد جاءت العلاقة عكسية بين كثافة التصريف ومعدل التضرس إذ بلغ معامل الارتباط -٠,٤٥ شكل (٣-١٩) ، وكما أشرنا في أعلاه يبدو أن العامل الجيولوجي والمناخي والمرحلة الجيومورفولوجية لهما أكبر الأثر في اختلاف كثافة التصريف من حوض لأخر .

وقد أشار هاك (Hack,1957) إلى كثافة التصريف للرتبة الأولى ـ تكاد تساوى كثافة تصريف الحوض ككل (Morisawa, 1962,p.1035) ، وقد قام الطالب بدراسة العلاقة بين كثافة تصريف الرتبة الأولى وكثافة التصريف العامة لكل الأحواض مستخدما الأسلوب الإحصائي T-test وقد جاءت النتيجة متمشية مع أفكار هاك كما يوضحها الجدول التالي :

جدول (٣-١٥) **العلاقة بين كثافة تصريف الرتبة الأولى وكثافة التصريف العامة**

المتغير	المتوسط	الانحراف المعياري	T-test
كثافة تصريف الرتبة الأولى	٦,٧٩	١,٦١	٠.٦٦
كثافة تصريف الحوض	٦,٦٢	٠,٩٣	

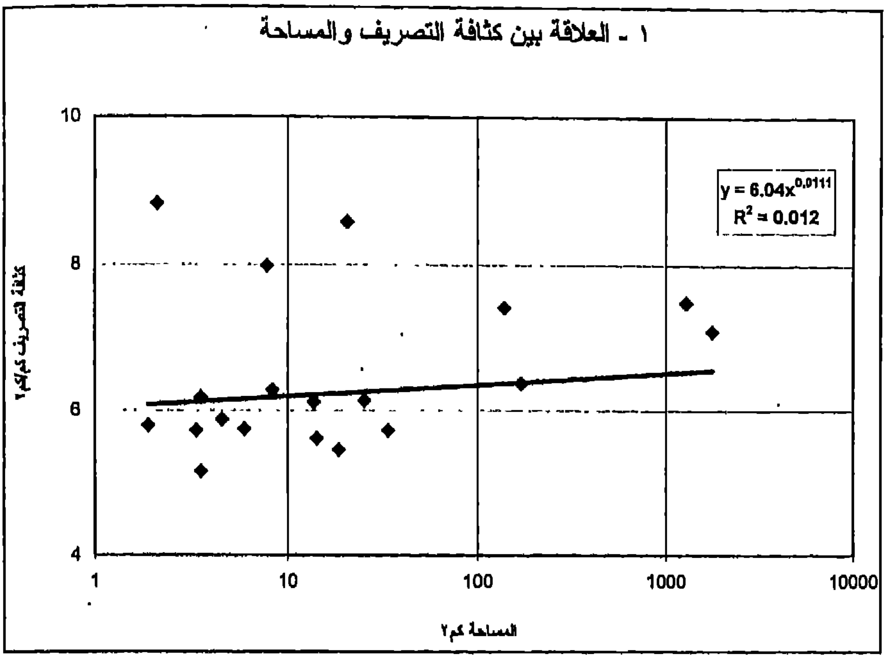
ومن الجدول السابق يتضح أن قيمة T تبلغ ٠,٦٦ ، ومن المعروف أن اقتراب هذه القيمة من الصفر يدل قوة العلاقة (Manly, 1994,p.38) .

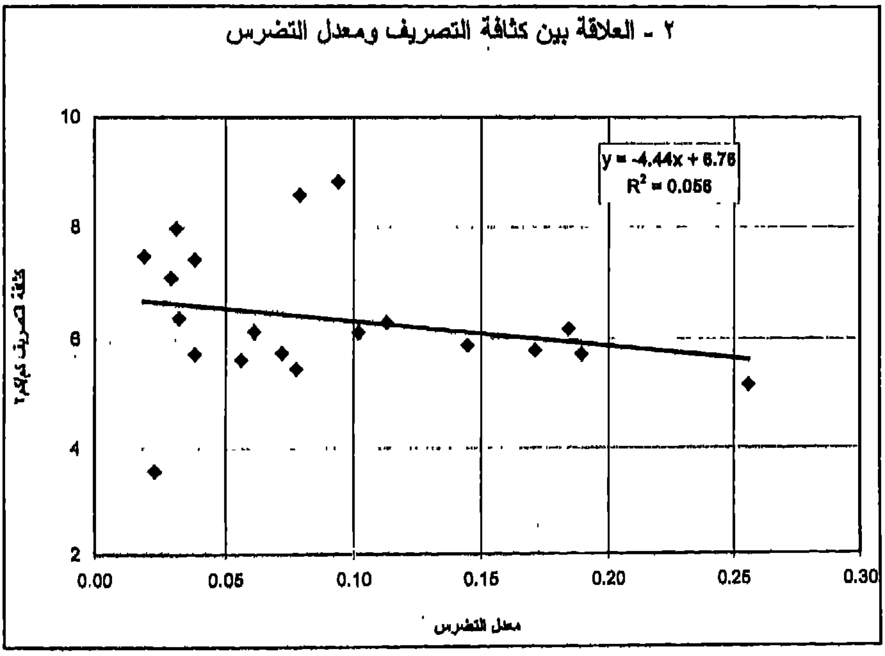
وما سبق يمكن أن القول بأن كثافة التصريف في حوض وتير وروافده ما هي إلا نتاج مجموعتين من العوامل ، المجموعة الأولي تشمل العوامل المؤثرة علي كمية الأمطار التي تسقط علي الحوض وهذه العوامل تتركز في الظروف المناخية بعناصرها المختلفة ، أما المجموعة الأخري فتضم تلك العوامل التي تتحكم في توزيع المياه ومدى توفرها للقيام بنحت المجاري وتضم هذه المجموعة مزيج معقد يضم الخصائص الليثولوجية والنبات الطبيعي والتضاريس (Knighton, 1984,p.17) .

ولا شك أن ظروف الجفاف التي يمر بها حوض التصريف قد ساعدت علي زيادة تأثير عامل الصخر علي كثافة التصريف .

ثانيا : أنماط التصريف Drainage Patterns

تعتبر أنماط التصريف خلاصة التأثيرات المناخية الليثولوجية والتضاريسية والبشرية علي حوض التصريف ، وحتى عام ١٩٥٠ كان يتم وصف أنماط التصريف بطريقة وصفية Qualitative ، وبعد ذلك دعت الحاجة إلى إيجاد أساليب كمية لاستخلاص أنماط التصريف للتمييز





شكل (٣-١٩) العلاقة بين كثافة التصريف وكل من المساحة ومعدل التضرس

بين منطقة وأخرى ، وتعتمد دراسة أنماط التصريف بطريقة كمية (Gregory & Walling,1976,p.52) على ما يلي :-

أ – تحليل اتجاهات الرتب Direction .

ب – تحليل زوايا الالتقاء Junction Angeles

ج – استنتاج الأنماط العامة

وقد ذكر زرينتز Zernitz أن أهم العوامل التى تتحكم في أشكال التصريف النهري هى :

- طبيعة الانحدار Slope
- اختلاف التركيب الصخري ونظام بنية الطبقات
- مدى التجانس الصخري
- تأثير حركات الرفع والتصدع في تعديل شكل التصريف النهري
- الظروف المناخية التى يتعرض لها الإقليم وخاصة التساقط
- التطور الجيومورفولوجي لحوض التصريف

(أبو العينين،١٩٧٦،ص ص ٤٦٠-٤٦٩)

ويتضح من خلال شكل (٣-٢١) أن أنماط التصريف السائدة بالحوض هى :-

أ – النمط الشجري Dendritic

ب – النمط المستطيل Rectangle

ج – النمط الإشعاعي Radial

د – النمط المركزي Centripetal

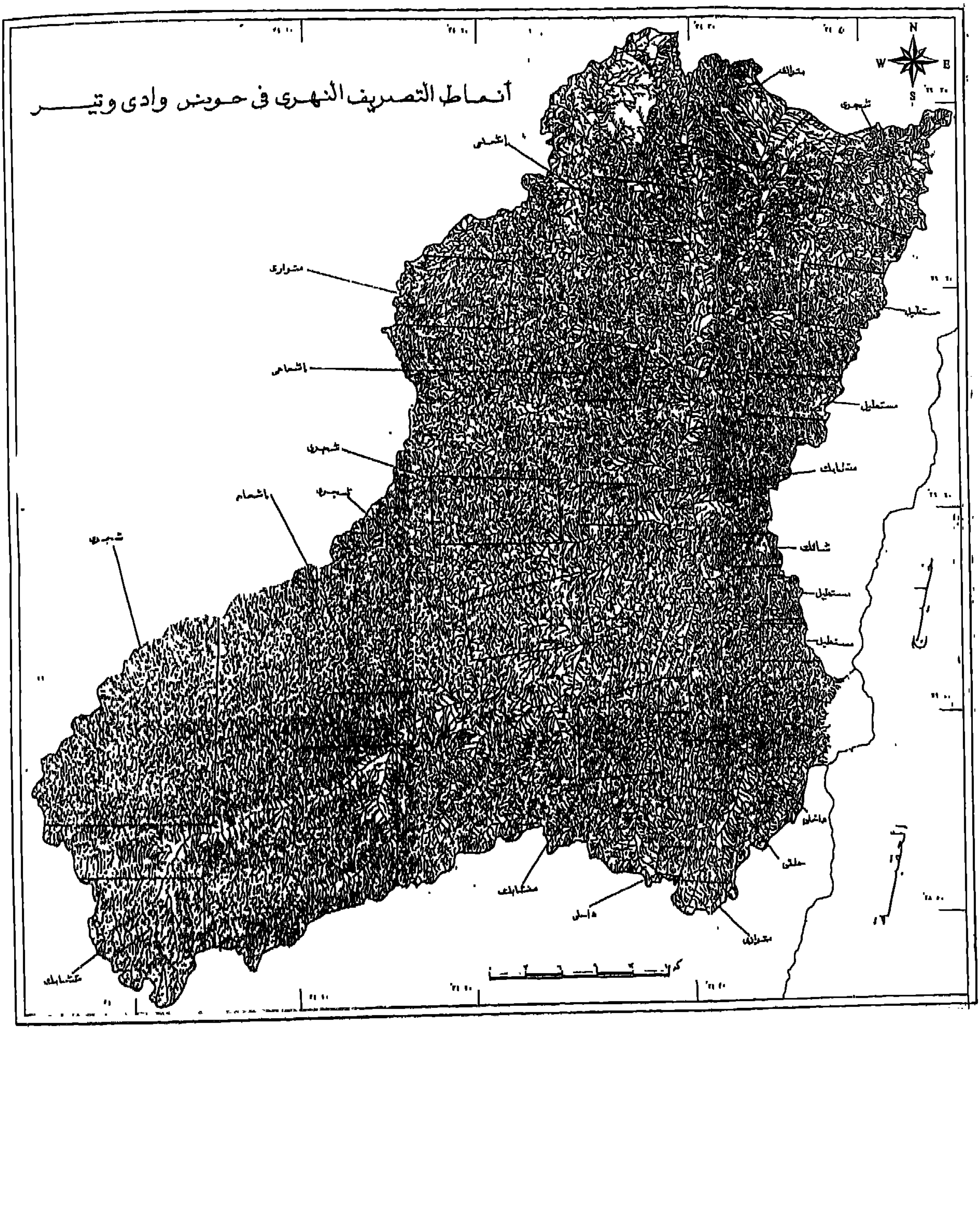
ه – النمط المتوازي Parallel

و – النمط المتشابك Trellised

ز – النمط الشائك Barbed

أ – النمط الشجري Dendritic Pattern

ويوجد هذا النمط عادة في مناطق متجانسة صخريا من حيث نوع الصخور ومن حيث نظام الطبقات ، ويوجد هذا النمط في الصخور الرسوبية الأفقية أو الصخور النارية وتتألف المجارى النهرية التى تنتمي إلى هذا النمط من روافد تلتقي بعضها البعض في صورة زوايا حادة ونادرا ما تزيد زاوية اتصال المجارى الفرعية بالرئيسية عن ٧٠ درجة ، (أبو العينين ،١٩٧٦، ص ٤٦١) .


أنماط التصريف النهري في حوض وادي وتير
N
W
E
S

وينتشر هذا النمط في أغلب أجزاء الحوض ، وقد بلغ متوسط زوايا اتصال المجارى في هذا النمط بين ٣٤ ، ٦٩ ، وفي بعض الأحيان تصل إلى ٨٥ درجة أو شبه قائمة ، وربما يرجع ذلك إلى تأثير هذه الروافد بنظم الفواصل في الصخور .

وقد بلغ متوسط زوايا الاتصال على مستوى الرتب :

الأولى	الثانية	الثالثة	الرابعة	الخامسة	السادسة
٤٦	٥٣	٥٤	٦٢	٦٥	٦١

ومن الواضح أن زوايا الاتصال السابقة هى زوايا حادة ، أي أن نمط التصريف السائد هو النمط الشجري .

وكما سبق القول فان هذا النمط ينتشر انتشارا واسعا في حوض التصريف وخاصة في الأجزاء التالية :

أ – الأجزاء الشمالية الشرقية لحوض وادي الحيثي حيث تتميز المنطقة بتجانسها الصخري إذ تتألف المنطقة في معظمها من تكوينات السينوماني الجيرية .

ب – المناطق الوسطى لحوض وادي الزلقة والأجزاء الوسطى لحوض الصوانة إذ تتألف هذه المناطق من صخور الحجر الجيري ويقل بهذه الأجزاء فعل عمليات التصدع .

ج – كما ينتشر هذا النمط بصورة كبيرة في مناطق المنابع الغربية لوادي الزلقة إذ تتألف المنطقة من صخور الحجر الجيري التى ترجع إلى الكريتاسي الأعلى ، "راجع الخريطة الجيولوجية ، شكل (١-١)" .

د – على الرغم من وجود هذا النمط في بعض الأودية التى تجرى فوق الصخور النارية مثل أودية أم مثله والخليل ، إلا أن هذا النمط يقل في الأودية التى تجرى في الصخور النارية بصفة عامة وربما يرجع ذلك إلى عمليات التصدع التى تنتشر في هذه الأجزاء وأدت إلى ظهور أنماط تصريفية أخرى .

ب – النمط المستطيل Rectangular Pattern

يتميز هذا النمط بأن المجارى تتميز بانحنائها في صورة قائمة الزاوية كما أن المجارى تتصل ببعضها بزاوية قائمة ، ويبدو أن العامل المتحكم في هذا النمط هو عامل البنية وخاصة خطوط الصدوع والفواصل ، ويتميز هذا النمط عن نمط التصريف المتشابك Trellis بأنه أقل انتظاما كما أن مجاريه ليست بنفس طول المجارى في نمط التصريف المتشابك ، (Whittow, 1984,p441) .

وهذا النمط اقل انتشاراً من سابقه – النمط الشجري – ويوجد بصورة رئيسية في الأجزاء التالية شكل (٣-٢٠) .

أ – حوضا أم مثله وساكت سكوت إذ تنحني المجارى الرئيسية بزاوية تقترب من ٩٠° وربما تزيد قليلا ، كما أن الروافد تتصل بالمجارى الأعلى في صورة زوايا قائمة في أغلب الأحيان ، ويحق بنا أن نذكر أن الصخور التى تؤلف سطح هذين الحوضين هى الصخور النارية وعلى الرغم من التجانس الصخري إلا أن سطح الحوضين تقطعه كثير من الصدوع التى تأثر بها نمط التصريف ، "راجع خريطة البنية شكل (١-١٣)" .

ب – في الأجزاء الجنوبية الشرقية لحوض وادي نخيل ، ومرة أخرى نجد اثر البنية في انحناءات المجارى الرئيسية وزوايا التقاء المجارى .

ج – المنابع العليا لوادي الشفلح –أحد روافد وتير الأعلى–، ولكن تختلف هذه المنطقة عن سابقتيها في إنها تتألف من صخور رسوبية في الغالب وبعض التكوينات النارية ، ولكن تتشابه هذه المنطقة مع سابقتيها في تأثير عامل البنية الجيولوجية ، فعلى سبيل المثال نجد أن الوادي الرئيسي ينحرف نحو ٩٠° ، متجها شمالاً قبل أن ينحرف مرة أخرى بنحو ٩٠° متجهاً صوب الغرب حيث يجرى في هذه الاتجاه حتى يصب في المجرى الرئيسي لحوض وادي وتير .

د – يوجد هذا النمط أيضا في منطقة المنابع الجنوبية الشرقية لحوض وادي الحيثي – أحد روافد وتير الأعلى – حيث يظهر أثر البنية الجيولوجية ، وينبغي الإشارة إلى أن المناطق الأربع السابقة توجد في الجزء الشرقي من الحوض ، وهو الجزء الذي تأثر بالعمليات التكتونية التى كونت أخدود العقبة .

ج – النمط الإشعاعي **Radial Pattern**

وتظهر فيه الأودية وكأنها تنبع من نقطة واحدة مركزية ، وينتشر بصورة عامة في مناطق القباب الصخرية المحدبة وفوق أسطح المخاريط البركانية ويوجد هذا النمط في بعض أجزاء وادي الصعدة السمرا إذ تنبع مجموعة من الروافد تتجه إلى وادي طلعه الخواصة ومجموعة أخرى تتجه صوب وادي صمغي ومجموعة ثالثة صوب وادي الصعدة السمرا ويبلغ ارتفاع أعلى نقطة في هذه المنطقة نحو ٦٥٩ متراً فوق مستوى سطح البحر ، كذلك يوجد هذا النمط في المنابع العليا لوادي أم مثله وساكت سكوت إذ تنبع معظم روافد هذين الحوضين من منطقة جبل أبو خشيب وتبلغ ارتفاع أعلى نقطة فيه ٧٩٥ متراً .

كذلك يوجد هذا النمط في المناطق التى تتألف من الصخور الرسوبية وخاصة بين وادي قديرة وأبيض بطنه إذ توجد مجموعة من القمم الجبلية التى تشع منها الروافد الصغيرة ويبلغ ارتفاع هذه القمم الجبلية ما بين ٨٥٠-٩٥٠ مترا فوق مستوى سطح البحر .

على أية حال فإن هذا النمط يرتبط بالقمم الجبلية سواء وجدت في الصخور الرسوبية أو النارية ولكنه يكثر في الصخور النارية الأكثر ارتفاعا وتنتشر بها القمم الجبلية والتى تمثل بقايا المخاريط البركانية

د - النمط المركزي **Centripetal Pattern**

على الرغم من أن معظم المجارى والأودية ذات تصريف خارجي يعنى أنها تنتهي إلى البحر مباشرة أو تصب في مجاري أعلى تصب في البحر بدورها ، على الرغم من ذلك فقد تعرف الطالب من خلال دراسة صور الأقمار الصناعية[1] على منطقة ذات تصريف داخلي بحوض التصريف ، وهذه المنطقة تقع ضمن حوض تصريف وادي غزاله حيث تصب الأودية في بحيرة داخلية تأخذ شكل النجمة .

ويبدو أن هذه المنطقة قد تعرضت لخسف نتج عنه انخفاض المنطقة مشكله ما يعرف باسم الحوض الجبلي Bolson ، ثم بدأت الأودية في الجريان صوب هذا الانخفاض مشكلة هذه البحيرة النجمية ، شكل (٣-٢٠)، وترتفع المناطق المجاورة لهذه البحيرة ما بين ٧٤٠-٨٥٠ مترا بينما تبلغ أقل نقطة في البحيرة نحو ٦٨٠ مترا .

هـ - النمط المتوازي **Parallel Pattern**

ويعد أبسط أنماط التصريف إذ تبدو فيه المجارى وكأنها تسير في صورة مجموعة من الخطوط المتوازية ، ويوجد هذا النمط في المناطق المتجانسة صخريا والتى تتسم بتجانس درجة ميل الطبقات أو في المناطق التى تراجع عنها البحر (Small, 1978,p.217) ويوجد هذا النمط بصورة واضحة في الجزء الشمالي لوادي الحيثي -أحد روافد وتير الأعلى- إذ تجرى الأودية في منطقة قليلة الانحدار نسبيا وتتألف من تكوينات الزمن الرابع المفككة ، ويتراوح طول المجارى الرئيسية ما بين ٤-٩ كم بينما يبلغ طول روافدها الثانوية - التى تأخذ نفس الاتجاه - شمالي غربي / جنوبي شرقي - من ١-٣ كم.

---

(١) تم الاعتماد على مرئية فضائية من نوع Landsat TM, 1984

كما يتمثل هذا النمط أيضا في الأجزاء الغربية لوادي سرطبة ، التي تتألف بصورة رئيسية من تكوينات سدر الجيرية ، والملاحظ على مجارى هذا النمط في هذه المنطقة إنها أكثر تعرجاً من سابقتها وربما يرجع ذلك إلى اختلاف التكوينات الجيولوجية ، فالرواسب المفككة يسهل نحتها بسهولة وبالتالي تكون المجارى أقرب إلى النمط المستقيم ، عكس الحال في الصخور الجيرية التى تتميز بصلابتها وقد تعترض المجارى بعض العقبات التي تؤدى إلى تعرجها .

و – النمط المتشابك Trellised Pattern

وهذا النمط عبارة عن مجارى توجد في صورة متعامدة مع بعضها البعض ، وينتج هذا النمط أساساً بسبب عوامل تكتونية وخاصة تعامد مجموعة من الصدوع مع مجموعة أخرى في صورة زوايا قائمة ، (Whittow,1984,pp.549-550) وينتشر هذا النمط في بعض أجزاء الوادي ولكنه يوجد بصورة واضحة في المناطق التالية :

أ – في الأجزاء الوسطى الغربية لحوض وادي غزالة ، إذ تتعامد الروافد مع المجارى الأعلى ، بل أن المجرى الواحد قد ينحني بزاوية قائمة أكثر من مرة ، وكما سبق وأشرنا فإن هذا النمط يتميز عن النمط المستطيل بزيادة طول المجارى مقارنة بالنمط المستطيل ، وبالرجوع إلى خريطة البنية الجيولوجية شكل (١-١٣) ، سوف نجد أن هناك مجموعة من الصدوع المتعامدة ، التى انطبعت بدورها على نمط التصريف

ب – المنطقة الثانية التى يظهر فيها هذا النمط بصورة واضحة هى الأجزاء الجنوبية الغربية لحوض وادي الزلقة ، وتتألف هذه المنطقة من الصخور النارية وتنتشر بها الصدوع المتعامدة .

ز – النمط الشائك : Barbed Pattern

وينتشر هذا النمط انتشاراً محدوداً بحوض التصريف وفي هذا النمط تتصل الروافد بالمجارى الأعلى في اتجاه صوب المنابع ، وربما يرجع ذلك إلى تأثر هذه الروافد بالشقوق والفواصل الكثيرة المنتشرة بالصخور النارية والجيرية على حد سواء .

ويظهر هذا النمط بوضوح في المنابع العليا لوادي حمير وحويط إذ يتجه الوادي الرئيسي من الشمال الشرقي صوب الجنوب الغربي وعلى الرغم من ذلك فهناك بعض المجارى الثانوية التى تتصل بالمجرى الرئيسي في اتجاه من الجنوب الغربي صوب الشمال الشرقي ، وما هذا إلا نتيجة تأثر هذه المنطقة بعمليات التصدع وانتشار الصدوع بكثرة في هذا الجزء .

ثالثا : أنماط التصريف طبقا لميل الطبقات

من خلال شكل (٣-٢١) يمكن تصنيف المجارى طبقا لعلاقتها بميل الطبقات إلى ما يلي :

أ- نمط الأودية التابعة : Consequent Valleys

وهى تلك المجارى التى تتبع الميل العام للطبقات وهو بصفة عامة صوب الشمال والشمال الغربي ولا يسود هذا النمط في المجارى الرئيسية للحوض ولكنه يتمثل في بعض مجاري الروافد وخاصة تلك التى تتجه بصفة عامة من الجنوب صوب الشمال مثل الروافد الجنوبية لأودية قديرة وسرطبة والصوانة -روافد وتير الأعلى- ، كما يوجد هذا النمط في المجارى الرئيسية لأودية الصعدة السمرا والصعدة البيضا وغزالة وإن كانت عمليات التصدع هى التى حذت بهذه الأودية أن تأخذ هذا الاتجاه صوب الشمال

ب- نمط الأودية التالية Subsequent Valleys

ويسود هذا النوع من التصريف في أغلب المجارى الرئيسية لأحواض الروافد ، إذ تتجه الأودية التى بالجانب الأيمن لمجرى الوادي الرئيسي بصفة عامة من الشرق إلى الغرب ، مثل أودية الشفلح وسعدي والبيارية وأبو علاقة ، بينما على الجانب الأيسر لمجرى الوادي الرئيسي، تتجه الأودية من الغرب إلى الشرق في اتجاه عمودي على الميل العام أو موازية لخطوط المضرب Strike Lines ، مثل أودية سرطبة وقديرة الصوانة وكثير من الروافد الرئيسية لوادي الزلقة .

ج- نمط النمط العكسي Obsequent Valleys

وهى المجارى التى تجرى عكس ميل الطبقات أي من الشمال إلى الجنوب ، ويعتبر المجرى الرئيسي لحوض وادي وتير مجرى عكسي إذ يجرى بصفة عامة من الشمال إلى الجنوب ويبدو أن الصدوع قد تحكمت إلى حد كبير في هذا الاتجاه ، كما تجرى في هذا الاتجاه أودية الحيثي والشعيرة والبطم وتنحدر هذه الأودية بصفة عامة من هضبة التيه أى إنها تجرى على واجهه الكويستا التى تؤلف هضبة التيه .

د- مجارى تتبع خطوط الصدوع Fault Line Valleys

وتتمثل هذه المجارى في المجارى المستقيمة التى تأخذ مسارات الصدوع وخاصة في التكوينات النارية مثل أودية نخيل وأم مثله والخليل وبعض الروافد الرئيسية لوادي غزالة ووادي الزلقة .

شكل (٣-٢١)
تصنيف الأودية طبقاً لميل الطبقات

رابعا : العلاقة بين متغيرات الشبكة ومتغيرات حوض التصريف

آثر الطالب أن يستخدم بعض الأساليب الإحصائية المتقدمة[1] لدراسة العلاقة بين كل من متغيرات شبكة التصريف ومتغيرات أحواض التصريف حتى تتضح العوامل التي تحكمت في أحواض التصريف وخصائصها ثم الخروج بتصنيف للأودية والخروج بمعادلة يمكن أن تستخدم لأي وادي لمعرفة في أي مجموعة من المجموعات القياسية يقع هذا الوادي .

أ - التحليل العاملي لمتغيرات الحوض والشبكة :

يعد التحليل العاملي Factor Analysis من الأساليب الإحصائية المتقدمة لتحليل البيانات وخاصة إذا كانت هذه البيانات تتسم بكثرتها ويتم التحليل العاملي بمجموعة من الخطوات كما يوضحها شكل (٣-٢٢) .

وبدراسة المصفوفة العاملية ، جدول (٣-١٦) يتضح ما يلي .

- بلغ عدد المتغيرات الداخلة في عملية التحليل ٢٧ متغيرا منها ١٧ متغيرا للأحواض و ١٠ متغيرات لشبكة التصريف .
- بلغت قيمة الجذر الكامن للعامل الأول ١١,٧ بينما بلغت نسبة التباين ٤٠,٤٪ بمعنى أن هذا العامل مسئول عن اختلاف البيانات بنسبة ٤٠٪ تقريبا ، وقد استقطب هذا العامل ١٤ متغيرا تبلغ نسبة تشبعهم[2] ما بين ٠,٦ ، ٠,٩٦ ، ومن أهم هذه المتغيرات الرقم الجيومتري ٠,٩٦ ، والمحيط ٠,٩٦ ، والطول ٠,٩٦ ، ومعدل النسيج الطبوغرافي ٠,٩٢ ، والعرض ٠,٩٠ ، والمسافات بين المجارى ٠,٩٠ ، والمساحة ٠,٨٥ ، والملاحظ أن اغلب المتغيرات المحددة لهذا العامل هى متغيرات خاصة بحوض التصريف مما يدل على أن خصائص الحوض المورفومترية تلعب دورا كبيرا في تصنيف الأحواض مقارنة بمتغيرات الشبكة ، أما المتغيرات التى دخلت في هذا العامل وتخص الشبكة فهى متوسط المسافات بين المجارى ٠,٩٠ ، إجمالي أطوال المجارى ٠,٨٥ ، إجمالي أعداد المجاري ٠,٨٢ ، أي ثلاثة متغيرات فقط من ١٤ متغيرا تحدد العامل الأول الذي يمكن أن نطلق عليه عامل مورفومترية الحوض أو العامل التضاريسى

---

[1] تم استخدام البرنامج الإحصائي SPSS V٩.٠ في جميع التحليلات الإحصائية المتقدمة وكذلك برنامج Statistica

[2] في حالة زيادة قيمة التشبع Loading عن ٠,٥٠ بالموجب أو بالسالب يصبح المتغير متشبعا على العامل أو مؤثرا فيه ، وكلما زادت هذه النسبة واقتربت من الواحد الصحيح دل ذلك على قوة تأثير المتغير على العامل .

جدول (٣-١٦) المصفوفة العاملية لمتغيرات الأحواض والشبكة بوادي وتير وروافده

العامل / المتغير	الأول	الثاني	الثالث	الرابع	الخامس	ملاحظات
الرقم الجيومتري	٠,٩٦٨	٠,١١٤	٠,٠٥٩	٠,١٣٢	٠,٠٥٦	المتغيرات التي تؤثر في العامل الأول ، "مورفومترية الحوض"
محيط الحوض	٠,٩٦٥	٠,١٧٧	-٠,٠١٥	٠,١٥٢	-٠,٠٠٨	
طول الحوض	٠,٩٦٤	٠,٠٨٧	-٠,٠٠٧	٠,١٧٨	٠,٠٥٤	
النسيج الطبوغرافي	٠,٩٢٤	٠,٢٩٥	٠,١٣٥	٠,١١٧	٠,٠٥٤	
عرض الحوض	٠,٩٠٨	٠,٣٣٢	٠,٠٣٣	٠,٠٢٧	-٠,١١٦	
المسافة بين المجاري	٠,٩٠٣	٠,١٢٩	-٠,٠٨٣	-٠,٠١١	-٠,٠٥٥	
مساحة الحوض	٠,٨٥٨	٠,٣٢٤	٠,١٦١	٠,٢١٤	٠,١١٤	
إجمالي أطوال المجاري	٠,٨٥٨	٠,٣٣٠	٠,١٧٥	٠,٢٠٦	٠,١١٠	
إجمالي أعداد المجاري	٠,٨٢٤	٠,٣٢٥	٠,١٩١	٠,٢٢٦	٠,١٤١	
التضاريس النسبية	-٠,٧٠٨	٠,٤١١	٠,٢٥٥	٠,٤٢٦	٠,٢٠٢	
درجة الإنحدار	-٠,٦٧٦	٠,٥١٦	٠,١٦٣	٠,٤٣٣	٠,١٧٦	
متوسط الإنحدار	-٠,٦٧٤	٠,٥١٩	٠,١٦١	٠,٤٣٣	٠,١٧٦	
نسبة التضرس	-٠,٦٧٤	٠,٥١٨	٠,١٦٣	٠,٤٣٣	٠,١٧٧	
درجة الوعورة	٠,٦٠٠	٠,١١٢	٠,١٤١	٠,٥١٣	٠,١٨٠	
نسبة الاستطالة	٠,٠١١	٠,٩٠٣	-٠,١٧٥	-٠,١٥٢	-٠,٢٢٣	المتغيرات التي تؤثر في العامل الثاني "عامل الشكل"
معامل الشكل	-٠,٠٠٣	٠,٨٨٥	-٠,١٧٧	-٠,١١١	-٠,٢٣١	
نسبة الطول/العرض	-٠,٠٧٣	-٠,٨٦١	٠,٠٧٧	٠,٣٨٤	٠,١٢٧	
معامل الانبعاج	-٠,٠٢٩	-٠,٨٤٤	٠,١٨١	٠,٢٢٦	٠,١٧٥	
نسبة الاستدارة	-٠,٥٣١	٠,٦٦٩	٠,١٦٨	-٠,٢٣٨	٠,١١٧	
معامل الاندماج	٠,٤٦٠	-٠,٦٤٩	-٠,٢٣٣	٠,٣٣٨	-٠,٠٦٠	
نسبة التشعب	٠,١٤٩	-٠,٥٤٤	-٠,١١٤	٠,٣٤٩	-٠,٣٦٨	
تكرارية المجاري	-٠,٠٣٢	٠,٠٢٦	٠,٧٥٦	-٠,٣٠٢	٠,٣٩٨	المتغيرات التي تؤثر في العامل الثالث "عامل الشبكة"
كثافة التصريف	٠,٥٠٢	-٠,١٥١	٠,٥٩٧	-٠,٤٤٧	٠,٠١٢	
معدل بقاء المجاري	-٠,٥٢٣	٠,١٨٤	-٠,٥٧٩	٠,٤٧٦	-٠,٠٣٩	
نسبة التشعب المرجح	-٠,٠٨٦	-٠,٣٣٠	٠,٤٠٦	٠,٣٤٧	-٠,٠٧٦	متغيرات ذات تأثير محدود (المتغير الذي يحدد العامل الرابع هو درجة الوعورة)
التكامل الهبسومتري	-٠,٢٥٥	-٠,٣١٣	٠,٣٨٠	-٠,١٩٠	٠,٢٤٢	
اتجاهات المجاري	٠,٢٤٠	-٠,٠٥٢	-٠,٥٨٥	-٠,١٨٤	٠,٧١١	متغيرات العامل الخامس
الجذر الكامن	١١,٧	٦,٠٧	٢,٧٤	٢,٥٠	١,٧٨	العوامل الأخرى ذات تأثير محدود ومن الممكن تجاهلها
نسبة التباين العاملي %	٤٠,٤	٢٠,٩	٩,٤	٨,٦	٦,١	
نسبة التباين التراكمية%	٤٠,٤	٦١,٣	٧٠,٨	٧٩,٤	٨٥,٦	

شكل (٣-٢٢) **خطوات التحليل العاملي**

تحديد المتغيرات واختبارها

استخراج المصفوفةالإرتباطية ومعرفة خصائصها

استخراج المصفوفة العاملية باستخدام طريقة Principal Component

إجراء عملية التدوير Rotation للمصفوفة العاملية

تحديد العوامل الرئيسية وتسميتها

- أما العامل الثاني فقد بلغت قيمة الجذر الكامن Eigenvalue ٦ بينما بلغت قيمة التباين ٢٠,٩٪ ويفسر العاملان الأول والثاني نحو ٦١٪ من تباين البيانات .

وهذا وقد استقطب العامل الثاني بعدد أقل من المتغيرات بلغت ستة متغيرات وهى لسبة الاستطالة ٠,٩ ، ومعامل الشكل ٠,٨٨ ، ونسبة الطول / العرض ٠,٨٦ ، ومعامل الانبعاج -٠,٨٤، ونسبة الاستدارة ٠,٦٦ ، ومعامل الاندماج -٠,٦٤ ، ويتضح أن جميع هذه العوامل خاصة بتحديد شكل الأحواض ولذلك يمكن أن نطلق على هذا العامل عامل الشكل .

- أما العامل الثالث فبلغت نسبة الجذر الكامن ٢,٧ ، في حين بلغت نسبة التباين ٩٥,٠ ٪ ، وهذا العامل مع العاملين السابقين يفسر اختلاف البيانات بنسبة ٧١٪ تقريبا ، ويتألف هذا العامل من مجموعة من المتغيرات هى تكرارية المجارى ٠,٧٥، وكثافة التصريف ٠,٦ ، ومعدل بقاء المجارى ٠,٥٨ واتجاه المجارى ٠,٥٨ ، والملاحظ أن جميع هذه المتغيرات الأربعة خاصة بشبكة التصريف ولذلك يمكن أن نطلق عليه عامل الشبكة .
- أما العاملان الرابع والخامس فتأثيرهما محدود ، فعلى سبيل المثال لا يوجد سوى متغير واحد فقط يؤثر في العامل الرابع وهو درجة الوعورة ٠,٥١ ، كذلك لا يوجد سوى متغير واحد فقط يؤثر في العامل الخامس وهو اتجاه المجاري ٠,٧١ .

وبناءا على ما سبق فيمكن القول أن هناك ثلاثة عوامل رئيسية تتحكم في أحواض التصريف وهى على الترتيب العامل التضاريسي ثم عامل الشكل وأخيرا عامل الشبكة أي يمكن القول بان شبكة التصريف لم تكتمل بعد ، ولذلك فإن تأثيرها على خصائص أحواض التصريف ضعيف نسبيا مقارنة بالمتغيرات الخاصة بالأحواض مثل المساحة والطول والعرض والمحيط .

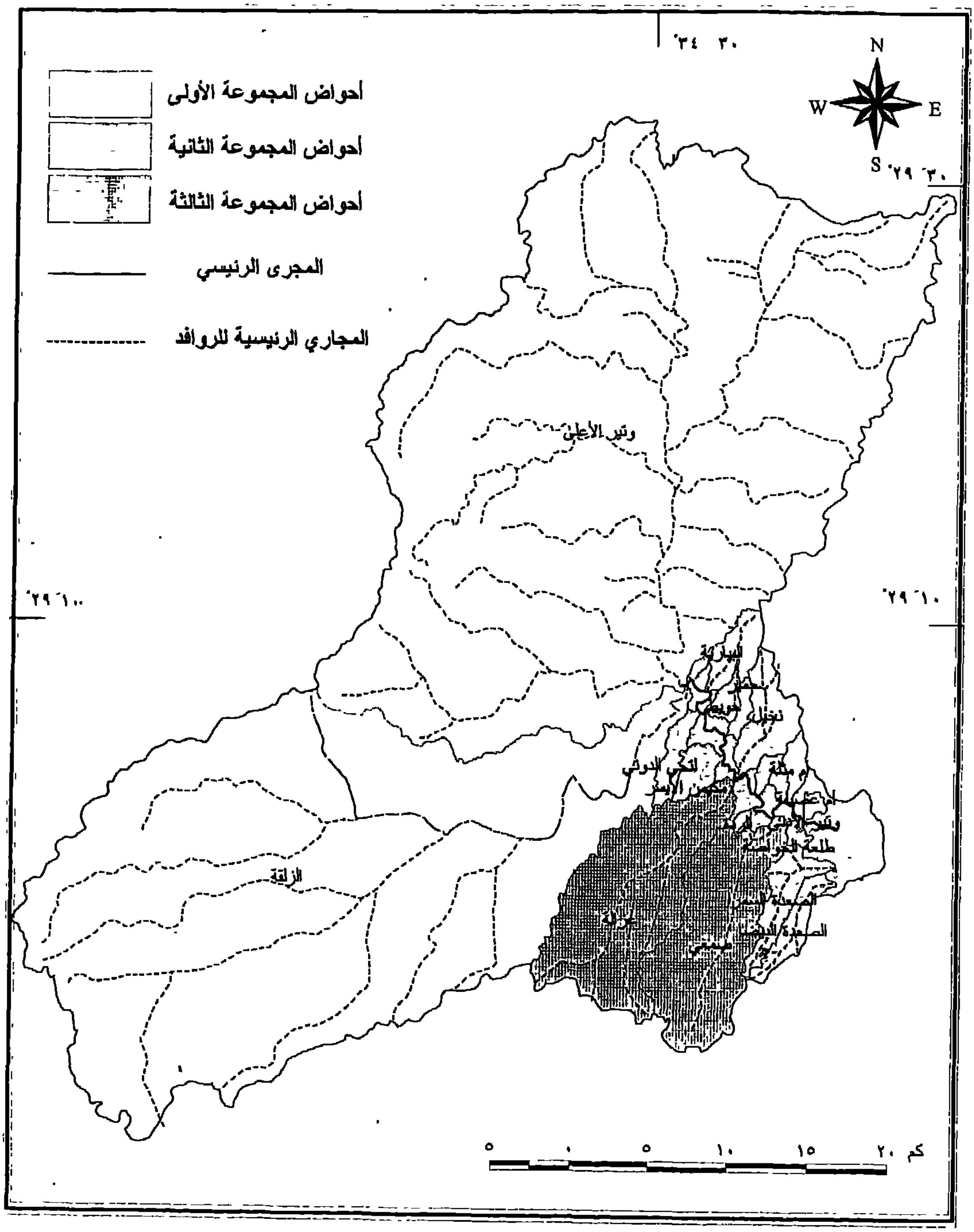
ب - التحليل العنقودي Cluster Analysis :

استخدم دورنكامب وكنج (Doornkamp &, King,1976,Pp.97-99) التحليل العنقودي للخروج بأنماط أو أقاليم واحدة لها نفس الخصائص المورفومترية وقد طبقت الدراسة على نحو اكثر من ١٣٠ مجرى من الرتبة الثالثة فى أوغندا ، وتقوم فكرة التحليل العنقودي على استخرج قيمة لكل حوض توضح مدى اقترابه أو تباعده عن بقية الأحواض ويطلق على هذه القيمة اسم المسافة Distance ، ويمكن القول بان التحليل العنقودي يظهر مقدار التشابه بين الأحواض ، State of Similarity .

-وقد استخدم الطالب ٢٧ متغيرا توضح الخصائص المورفومترية لكل من الحوض وشبكة التصريف لعدد ٤٢ رافدا وجاءت النتيجة كما يلي :

المجموعة	الأولى	الثانية	الثالثة	الإجمالي
عدد الأودية	٢	١٦	٢	٢٠

وقد ضمت المجموعة الأولى حوض وادي الزلقة ووتير الأعلى ، شكل (٣-٢٣) ، لما يتميزا به من خصائص مورفومترية جعلتهما يمثلان مجموعة مستقلة في جميع التحليلات الإحصائية ، ويتميز هذان الواديان بحوضي تصريف متسعين تبلغ مساحتهما أكثر من ثلثي مساحة



شكل (٣-٢٣) التحليل العنقودي لمتغيرات الأحواض والشبكات

حوض التصريف الرئيسي كما يتميزا بسيادة التكوينات الرسوبية وقليل من التكوينات النارية وخاصة في الجزء الجنوبي الغربي لوادي الزلقة وبعض الأجزاء الشرقية في حوض وادي وتير الأعلى .

أما المجموعة الثانية فقد ضمت ١٦ حوضا تصريفيا أي نحو ٨٠٪ من إجمالي أحواض التصريف وتتسم هذه المجموعة بصغر مساحاتها وأبعادها المورفومترية الأخرى ، وهذا يعني التشابه في سمات هذه الأحواض ومن ثم يمكن القول بأن نحو ثلثي أحواض التصريف تتسم بتشابهها من الناحية المورفومترية .

أما المجموعة الثالثة والأخيرة فتضم واديين هما غزالة وصمغي ويتسم هذان الواديان باتساع مساحة حوضيها نسبيا مقارنة بأحواض المجموعة الثانية ومن الممكن القول أن هذين الواديين مع واديا الزلقة ووتير الأعلى يمثلان الروافد الرئيسية لحوض وادي وتير .

وبناءا على ذلك فقد أمكن الخروج بخريطة للتوزيع المكاني للأحواض اعتمادا على التقويم الكمي للمتغيرات المورفومترية ولا شك أن هذه الخريطة تمثل أهمية كبيرة في تمييز المناطق المتشابهة وتعكس الخصائص البيئية كما أشار إلى ذلك Eyles ، (Gregory & Walling,1976,p.82) .

ج - تحليل التمايز لمتغيرات الحوض والشبكة Discriminant Analysis

يعتبر تحليل التمايز Discriminant Analysis من الأساليب الإحصائية المتقدمة جداً لمعالجة البيانات ، والهدف الأساسي من تحليل التمايز هو الخروج بمعادلة يمكن استخدامها في تصنيف أي مفرده إلى المجموعات الداخلة في عملية التحليل ، بمعنى أخر إذا افترضنا انه طبقا للتحليل العنقودي صنفت أحواض التصريف إلى ثلاث مجموعات Clusters وهناك أحد الأحواض لم يتم تصنيفه ضمن أي من المجموعات الثلاث (أوليكن مثلا لدينا بيانات عن أحد الأحواض في أي منطقة أخرى) ونريد أن نعرف إلى أي المجموعات القياسية ينتمي هذا الحوض ، في هذه الحالة لابد من استخدام أسلوب إحصائي ما لتصنيف هذا الحوض في أحد المجموعات ، وتحليل التمايز يقدم لنا الأسلوب الذى يمكننا من تصنيف الحوض .

-كما انه من أهم وظائف تحليل التمايز اختبار دلاله التحليل العنقودي وهل فعلا المجموعات Clusters ، الناتجة من عملية التحليل العنقودي هى المجموعات القياسية الصحيحة أم لا .

وقد مرت عملية تحليل التمايز بالخطوات التالية :-

- تغذية الحاسب الآلي بجميع متغيرات الحوض والشبكة وقد بلغ عدد المتغيرات ٢٧ متغيرا منها ١٧ متغيرا لأحواض التصريف و ١٠ متغيرات للشبكة وذلك لكل حوض على حده .
- تم عمل عمود field يمثل المجموعة Cluster التى تنتمي إليها كل مفرده (حوض) .
- بعد إدخال المتغيرات تم استبعاد ٩ متغيرات من التحليل وذلك لانخفاض قيمة التصنيف Minimum Tolerance الممثلة لها إلى اقل من ٠,٠٠١ ، وهذه المتغيرات هى معامل الانبعاج ، درجة الانحدار – متوسط الانحدار ، معدل التشعب المرجح ، ومعدل النسيج الطبوغرافي ، تكرارية المجارى ، معدل بقاء المجارى ، وكثافة التصريف ، والمسافة بين المجاري ، واستبعاد هذه المتغيرات لا يعني عدم أهميتها المورفومترية ولكن لأنها متقاربة بعض الشيء وبالتالي فلا تصلح في إتمام عملية تحليل التمايز .
- ثم استخراج دالتين Function لتمثيل البيانات وجاءت نتائج الدالتين كما يلي :-

الدالة	الجذر الكامن	التباين	المتجمع الصاعد
الأولى	١٢٧٩	٩٩,٧	٩٩,٧
الثانية	٣,٣٦	٠,٣	١٠٠

ومن الجدول السابق يتضح أننا نستطيع أن نصنف البيانات بناءا على الدالة الأولى بنسبة ٩٩,٧٪ ، وبناءا على الدالتين ما بنسبة ١٠٠٪ .

جدول (٣-١٧) مصفوفة فيشر لمعاملات تحليل التمايز*

المتغير	المجموعة Cluster		
	١	٢	٣
المساحة	٠٠٠٠٠٨	٠٠٠٠٠٦	٠٠٠٠٦
المحيط	-٠,١٣٦٦٩	-٠,١٤٢٥٢	-٠٠١٤١٣٧
الطول	-٠,١٥٧٨٧	٠٠٠٤٠٣٩٧	٠٠٠٢٧٦٢٢
العرض	-٠,٠١٧٤٣	٠,٢٦٧٢٧١	٠٢٤٩٦٠٨
نسبة الاستدارة	٥٧٦٨,٢٨٧	١٣٥٥٣,١	١٣١٣٤ ٦٤
نسبة الاستطالة	١٣٠٥٧,٥٩	٣٠٧٧٢ ٣٨	٢٩٥٤٨,٨٢
معامل الشكل	-٥٨٥٨,٢٤	-٣١٧٣٤ ١	-٣٠١٣٢
معامل الاندماج	٥٩٤٣,١٧٤	٨٧٩٥,٧٦٩	٨٦١٠,٤٨
نسبة الطول/العرض	١٨٨,٤٣٥٤	١٦٠,١٣٢٤	١٦١,١٣٩٥
نسبة التضرس	-٢٠٩٢٩,٢	١٧٦٢٩,٦	١٥٦٦٠,٧٩
درجة الوعورة	٤١١,٩٤٧٨	-٦٨٨,٠٨٥	-٦٠٦٠٠٩
التضاريس النسبية	٤٥,٠٥٩٥	-٤١,٥٣٣٣	-٣٧,٤٦٥١
التكامل الهبسومتري	-٢٩١,٣٤٧	٦٤٤,٠١٤٢	٥٨٠,٩٦٤
الرقم الجيومتري	٤١ ٤٩٥٣٦	٣٤,٣٢١٤٤	٣٤,٢٦٩٦٣
عدد المجاري	٣,٠٤٥٠١	-٢,١٥٤٤٨	-١ ٨٨٤٧٣
أطوال المجاري	-١٢,٣٨٩٨	-٤,١٤٣٤٩	-٤ ٥٧٠٣٣
نسبة التشعب	١٤٦ ١١٦١	٩٠,٩٧٤٧٨	، ٩٤ ٨٥٢٣٧
اتجاه المجاري	٠,٤٣٦٥٠٤	-٠ ٩٣٦٤٨	-٠ ٨٦٠٨
رقم ثابت	-٢٧٩٥٣,٩	-١٤٧٥٥,٢	-١٤٠٥٨,٦

وبناءاً على مصفوفة فيشر ، جدول (٣-١٧) ، يمكن معرفة إلى أي مجموعة تنتمي أية مفردة (حوض) .

من خلال المصفوفة السابقة يمكن التعويض فيها في كل مجموعة على حده فنحصل على ٣ أرقام لكل مجموعة على حده واكبر هذه الأرقام يمثل المجموعة Cluster التى تنتمي إليها المفردة (الحوض)

خامساً : العوامل المؤثرة على الأحواض وشبكات التصريف

على الرغم من أن بيلي (Bailey, 1996,pp.39-49) قد أشار إلى أن المناخ يعد العامل الرئيسي والأولي Primary الذي يتحكم في تقسيم سطح الأرض إلى نظم بيئية متباينة وبعد ذلك تأتى بقية العوامل مثل نوع الصخر وبنيته والتضاريس والنبات الطبيعي .. الخ ، على الرغم من ذلك فقد وجد الطالب أن العامل الرئيسي الذى يتحكم في أحواض التصريف وشبكاتها تتمثل في نوع الصخر وبنيته ثم تأتى بقية العوامل مثل التضاريس والمناخ والنبات الطبيعي ، وسوف تتم دراسة هذه العوامل طبقا لأهميتها

أ- نوع الصخر وبنيته :

لا شك أن لعامل الصخر وبنيته دوراً كبيراً في التأثير على خصائص أحواض التصريف وشبكاتها خاصة وأن حوض التصريف يضم العديد من التكوينات الجيولوجية التى يتفاوت عمرها بين ما قبل الكمبري والحديث وبالتالي تتفاوت خصائصها التى تنعكس بدورها على خصائص الأحواض والشبكات وسوف نتناول اثر العوامل الجيولوجية على بعض هذه المتغيرات فيما يلي :-

-يؤثر العامل الجيولوجي على منحنى التكامل الهبسومتري للأحواض ومن ثم المرحلة الجيومورفولوجية للحوض كما أشار إلى ذلك سترالر (Strahler, 1952,pp.1136-1140) ، ولذلك فان الأحواض التى تتألف أسطحها من الصخور النارية والمتحولة مثل أحواض صسيد وأم مثله ونخيل قد قاومت صخورها عمليات النحت والتخفيض ومن ثم فان هذه الأحواض ما زالت في مرحلة مبكرة من دورة التعرية ، على عكس الأودية التى تتألف أسطحها من صخور اقل صلابة مثل الزلقة والحيثي والصوانة فإنها قد قطعت شوطا اكبر من الأودية السابقة نتيجة لاختلاف درجة مقاومة الصخر وانتشار الشقوق والفواصل بصورة اكبر في صخور الحجر الجيري ، ولكن على الرغم من ذلك الاختلاف فيجب أن نأخذ في الاعتبار عامل الانحدار فالمنحنى الهبسومتري الذى يحدد المرحلة الجيومورفولوجية يتأثر بمزيج من العوامل الجيومورفولوجية والمناخية والتضاريسية، ولكن بصفة عامة يمكن القول أن قيمة التكامل ترتفع – أي نسبة الأجزاء التى لم

تخفض أقل من نسبة الأجزاء التى نحتت - في مناطق الخوانق والجروف التى تتألف من الصخور الصلبة ، بينما تقل قيمة التكامل الهبسومتري في المناطق التى تغطيها الصخور الضعيفة ويميل شكل المنحنى إلى التعادل .

كما يظهر أثر العامل الجيولوجي على المرحلة الجيومورفولوجية خاصة إذ كانت الصخور الصلبة ترتكز على صخور أقل صلابة ، صورة (٣-١) ، (٣-٢) ، فما تلبث أن تصل إليها المياه وتعمل على تفتيتها وبالتالي زيادة معدلات النحت مقارنة بالصخور متجانسة الطبقات ، فعلى سبيل المثال ترتكز صخور الحجر الجيري في الأجزاء الغربية للحوض على تكوينات إسنا الهشة Esna Shales ، فبعد إزالة الغطاء الجيري الصلب ظهرت التكوينات الهشة وزادت بها معدلات النحت وزاد عدد المجارى النهرية خاصة وان هذه الأجزاء تمثل المنحدرات الجنوبية الشرقية لهضبة العجمة حيث تزداد درجات الانحدار ، أي أن العامل الجيولوجي قد يتفاعل مع عوامل أخرى فيعظم تأثيره على خصائص الأحواض والشبكات .

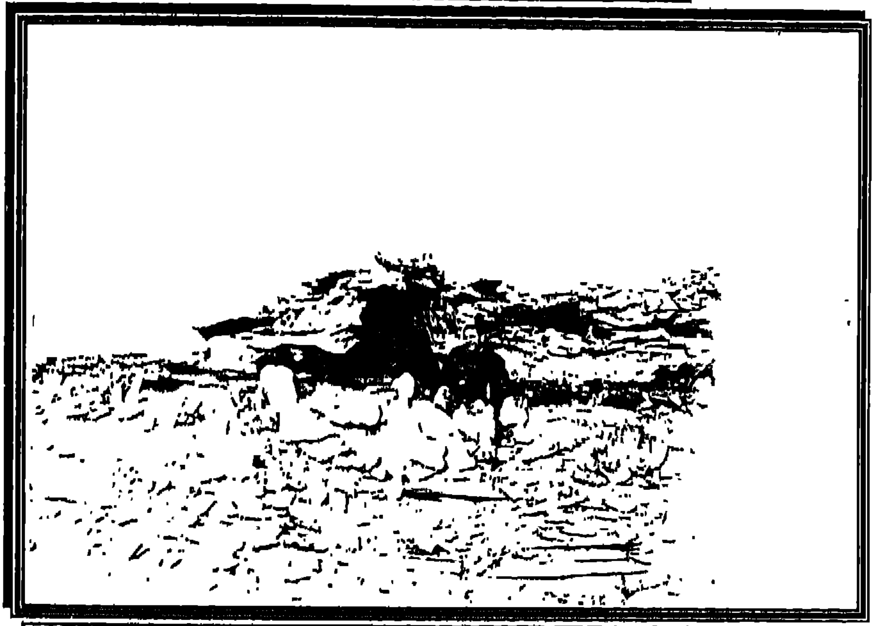
كذلك يؤثر العامل الجيولوجي على حجم الرواسب وكميتها ، صورة (٣-٣) ، (٣-٤) ، فالأودية التى تتألف من الصخور النارية تتسم بكبر أحجام رواسبها نتيجة لصلابة السطح وكذلك نتيجة لقصر أطوال هذه الأحواض ومن ثم فإن المسافة التى تقطعها هذه الرواسب لا تكفي لتهذيبها وتصغير أحجامها ، ولكن على الرغم من كثرة هذه الأحواض فإنها تنقل كميات كبيرة من الرواسب مقارنة بالأحواض الكبيرة وذلك بسبب شدة انحدار الأحواض القصيرة ومن ثم فان الرواسب التى تحتجز بصورة مؤقتة في الحوض تكون قليلة مقارنة بالأحواض الكبيرة التى يؤدى قلة انحدارها خاصة في أجزائها الدنيا إلى احتجاز جزء من الرواسب ضمن الحوض ذاته وهذا ما دعا (Schumm, 1977,p.70) إلى صياغة علاقة عكسية بين مساحة حوض التصريف وكمية الرواسب (على عكس المتوقع) وقد ارجع ذلك إلى القدرة الكامنة Potential Power للحوض على الاحتفاظ بالرواسب والتى تزيد بزيادة مساحة الحوض التى تتأثر بدورها بالعامل الجيولوجي .

كذلك يظهر أثر العامل الجيولوجي وخاصة البنية على شكل المجارى النهرية وقطاعاتها العرضية ، فالمجارى الموجودة في صخور الأساس قد تأثرت بالظروف التكتونية ولذلك نجد أن مجاريها تميل إلى الاستقامة كما تتميز جوانبها بالانحدار الشديد وخاصة أودية الصعدة البيضا والصعدة السمرا وصعيد وأم مثله بينما الأودية الموجودة في نطاق الصخور المفككة نجدها تميل إلى التعرج والتشعب وجوانبها قليلة الانحدار ويتميز بمجارى متسعة خاصة في قطاعاتها الدنيا ، كما يظهر وادي أبو طريفية - أحد روافد وادي البطم - إذ يجرى في تكوينات مفككة ترجع إلى

صورة (٣-١)

تتابع الطبقات الصلبة مع الطبقات اللينة شرقي وادي وتير

"ناظراً صوب الغرب"

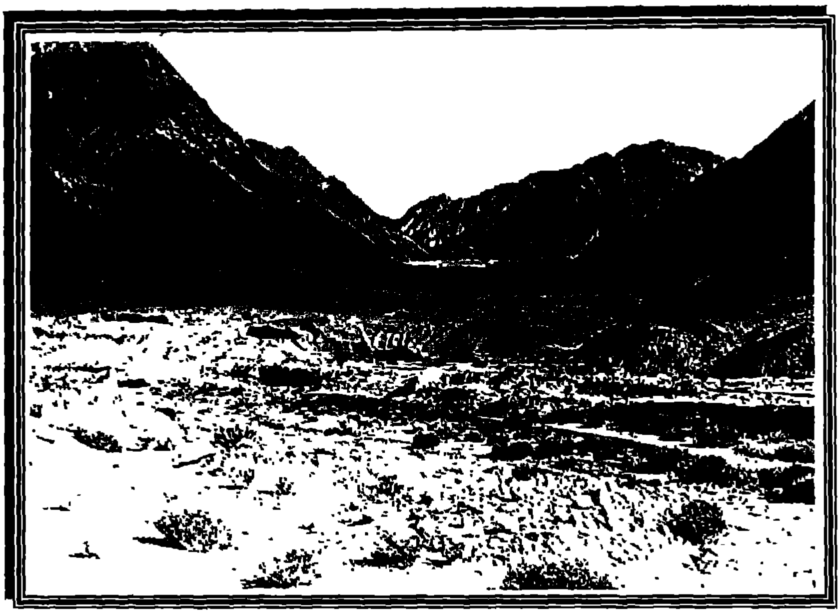


صورة (٣-٢)

تتابع الطبقات الصلبة مع الطبقات اللينة في صخور الحجر الجيري

وانتشار ظاهرة التقشر في الطبقات العليا

"ناظراً صوب النبي"



صورة (٣-٣)

الرواسب الناعمة تغطي مجرى أحد الأودية في الصخور الرمليةقرة
وادي وتير "ناظراً صوب الشمال الشرقي"

صورة (٣-٤)

الكتل الصخرية تسد مجرى وادي طلعة الخواصة على بعد ٢,٩ كم
مخرج الوادي الرئيسي
"ناظراً صوب الشمال الغربي"

الزمن الرابع وبلغ عرض الوادي في مجراه الأدنى نحو ١٥٠٠ متر كما وجدت مجموعة كبيرة من الجزر التى عملت على تشعب المجرى .

كذلك يظهر أثر العامل الجيولوجي على كثافة التصريف كما سبق أن أشرنا كما يؤثر العامل الجيولوجي على أنماط التصريف ، وبصفة عامة يمكن القول أن العامل الجيولوجي يؤثر على أغلب خصائص الأحواض وشبكاتها ويعظم اثر هذا العامل عند تفاعله مع عوامل أخرى مثل التضاريس والمناخ

ب - التضاريس

حينما نذكر التضاريس فإننا نقصد بها انحدار سطح الأرض ، إذ يعد الانحدار عامل رئيسي في نشأة المجارى النهرية فلا نتصور أن تتكون شبكة تصريف في منطقة تتميز باستوائها ، وكذلك فإن هنالك عناصر كثيرة من عناصر الحوض والشبكة تتأثر بعامل الانحدار فعلى سبيل المثال نجد أن مجارى الرتبة الأولى ترتبط بالمناطق ذات الانحدار الشديد كذلك تتميز هذه المجارى بقصرها وقلة مساحات أحواضها ، كذلك فقد ارتبط الانحدار (الفرق بين أعلى منسوب في الحوض واقل منسوب) ، بالمرحلة الجيومورفولوجية من خلال ملاحظة قيم التكامل الهبسومتري ، فالأحواض التى تتسم بزيادة انحدارها مثل وادي ساكت سكوت (١٠,٤ درجة) بلغت قيمة التكامل ٧٦, أي أنه ينتمي إلى مرحلة الشباب بينما نجد أن وادي الزلقة وقد بلغت درجة انحداره (١,٠٧ درجة) قد بلغت قيمة تكامله الهبسومتري ٠,٥٩ أي أنه يعيش مرحلة النضج تقريبا .

ومن جهة أخرى فقد تأثرت درجة الوعورة بانحدار الحوض إذ وجد أنه في الغالب أن الأحواض ذات الانحدار الشديد تتسم بارتفاع قيم درجة الوعورة .

هذا وينبغي أن نذكر أن عامل الانحدار لا يمكن فصله عن العوامل الأخرى كما سبق أن ذكرنا ، إذ أن الانحدار يتأثر بالعوامل الأخرى المؤثرة في أحواض التصريف مثل الخصائص الجيولوجية والظروف المناخية ، فقد نجد في بعض مناطق الانحدار الشديد انخفاض كثافة التصريف أي قلة أطوال المجارى وكذلك انخفاض تكرارية المجارى وخاصة في الأودية التى تجرى فوق الصخور النارية مثل أودية أم مثلة ونخيل وصعيد، إذ تدور كثافة التصريف حول ٥كم/كم٢ ، **بينما نجدها في بعض الأحواض الأخرى الأقل انحدارا تصل لأكثر من ٨كم/كم٢ مثل** أودية أبو علاقة والحيثي ، وربما يرجع السبب في هذا إلى صلابة التكوينات النارية ومقاومتها لعمليات النحت المائي ومن ثم قلة أعداد المجارى وقلة أطوالها على الرغم من شدة الانحدار ، في حين أن الجانب الأخر وفي الأودية الأقل الانحدار التى تتألف أسطحها من تكوينات أقل صلابة

تسود عمليات النحت المائي فتزيد أعداد المجارى وتزيد أطوالها ومن ثم ترتفع قيم تكرارية المجارى وكثافة التصريف .

ج - المناخ :

يمكن القول بأن جميع أحواض الروافد وكذلك الوادي الرئيسي ما هي إلا إرث لظروف مناخية قديمة وخاصة الفترات المطيرة التى امتدت منذ نهاية الميوسين تقريبا وحتى نهاية البليستوسين (صالح ، ١٩٨٥ ، ص ١٣٦) .

ومن أهم العناصر المناخية التى شكلت هذه الأودية يبرز عامل المطر في أنه لعب دورا أساسيا في نشأة الأحواض وشبكات تصريفها .

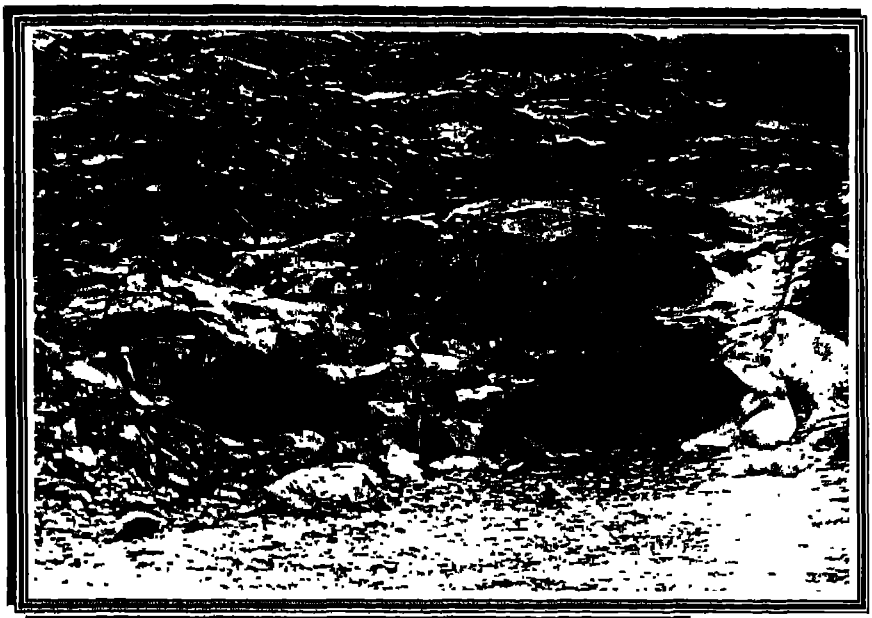
وقد أشار (Knighton, 1984,pp.171-173) إلى أن هناك أدلة كثيرة على تغير الظروف المناخية منها أدلة يمكن ملاحظاتها بطريقة مباشرة وخاصة أحجام الرواسب وكمية التصريف وهناك أدلة تاريخية مثل بقايا المدرجات النهرية .

ويقوم المناخ الحالي ببعض التعديل في الأودية الموجودة بالفعل ومن أهم العمليات السائدة التجوية وخاصة التجوية الميكانيكية والكيميائية ، صورة (٣-٥) (٣-٦) وذلك نتيجة لارتفاع المدى الحراري اليومي والسنوي ، كذلك تهب على المنطقة من آن لأخر بعض العواصف المطيرة التى تعمل على جريان السيول كذلك تقوم الأمطار ببعض عمليات النحت في قيعان الأودية التى تتألف من الرواسب المفككة ويقوم بنقل كميات كبيرة من الحمولة خاصة عند مصباتها مكونة بعض المراوح الفيضية .

د - المرحلة الجيومورفولوجية :

تعد المرحلة الجيومورفولوجية للحوض النهري نتاج لعوامل عديدة ومتشابكة كما أنها تؤثر بدورها على الخصائص المورفومترية للحوض والشبكة ، فالأحواض التى تمر بمرحلة الشباب سجلت قيماً مرتفعة في بعض الخصائص المورفومترية مثل نسبة التضرس وزيادة متوسط الانحدار مثل أحواض صعيد وساكت سكوت ونخيل ، كذلك تتميز هذه الأحواض بقصر أطوال مجاريها وزيادة انحداراتها .

أما الأحواض التى قطعت شوطاً في دورة التعرية تتميز بزيادة مساحة أحواضها وقلة انحداراتها وزيادة أطوال مجاريها كذلك ترتفع بها رتبة المجرى الرئيسي ومثال على ذلك وادي الزلقة الذى يصل بمجراه الرئيسي إلى الرتبة الثامنة ، كذلك تتميز هذه الأحواض بانخفاض قيم نسب التضرس ودرجة الوعورة .



صورة (٣-٥) انتشار عمليات الإذابة في صخور الحجر الرملي
"ناظراً صوب الشمال الشرقي"

صورة (٣-٦) آثار التجوية الكيميائية في صخور الحجر الرملي بأحد روافد وادي وتير
"ناظراً صوب الشمال"

ويمكن القول بأن جميع أحواض التصريف التي تؤلف الحوض الرئيسي تقع في مرحلة الشباب والنضج . ولا يوجد أي وادي انتقل إلى مرحلة الشيخوخة وهذا يدل على أن حوض التصريف لم يتم دوره النعرية الخاصة به وربما يرجع ذلك إلى تغير الظروف المناخية وسيادة ظروف الجفاف التى أوقفت أو عملت على إبطاء تطور الحوض جيومورفولوجيا .

الخلاصة:-

١- يصل وادى وتير إلى المرتبة التاسعة بعد تصنيف المجارى النهرية طبقا للنظام الذى وضعه سترالر ، وقد تم رسم شبكة التصريف من خلال الصور الجوية ولوحات الموزايك وبعض الخرائط الطبوغرافية ، وتبدأ الرتبة التاسعة عندما يلتقى وادى وتير الأعلى مع وادى الزلقة ليشكلان المجرى الرئيسى أو وادى وتير الأدنى.

٢- بلغ إجمالى أعداد المجارى بحوض التصريف نحو ٥٥٧٠٠ مجرى وبلغت مجارى الرتبة الأولى نحو ٧٦٪ والرتبة الثانية ١٨٪ والثالثة ٣٪ ، أى أن أغلب المجارى تتركز فى الرتب الثلاث الأولى.

٣- تصل نسبة التشعب فى حوض وادى وتير نحو ٤,١٦ وتراوحت بين النسبة بين ٣,٤ إلى ٦,٤٩ فى أحواض الروافد، وتزيد نسبة التشعب فى أحواض وتير الأدنى ولتحي الدوني والصعدة البيضا بينما تقل هذه النسبة فى أحواض الردة وأم عصله، وقد تأثرت هذه النسبة إلى حد بعيد بنوع الصخر والبنية الجيولوجية .

٤- بلغ إجمالى أطوال المحارى فى حوض وادى وتير نحو ٢٥,٠٠٠كم ويستأثر واديا الزلقة ووتير الأعلى بنحو ٨٦٪ من إجمالى أطوال المجارى وتشغل الرتبة الأولى نحو ٥١٪ والثانية ٢٧٪ والثالثة ١١٪ بالنسبة لإجمالى الأطوال .

٥- تتسم المسافات بين المجارى بزيادتها بزيادة الرتبة النهرية فبينما بلغت المسافة بين مجارى الرتبة الأولى نحو ٢٣١ متر فقد بلغت المسافة بين مجارى الرتبة الثامنة نحو ٢٢كم .

٦- تأثرت اتجاهات المجارى النهرية إلى حد بعيد باتجاهات الصدوع والفواصل وخاصة مجارى الرتبة الأولى والثانية.

٧- **بلغت تكرارية المجارى بحوض التصريف نحو ١٥ مجرى/كم٢ وترتفع هذه النسبة فى** مجارى الرتبة الأولى حيث تصل لأكثر من٢٢ مجرى/كم٢.

٨- بلغت كثافة التصريف بحوض وادى وتير نحو ٧كم/كم٢ وهى كثافة منخفضة بصفة عامة ولكنها ترتفع فى بعض أحواض الجزء الجنوبى من الحوض حيث تأثرت شبكة التصريف بانتشار الصدوع بهذه المنطقة كما تتسم كثافة التصريف بارتفاعها فى الرتب النهرية الأقل،

وكثافة التصريف تمثل نتاجا لتفاعل العوامل المناخية والخصائص الليثولوجية والتضاريسية بالحوض.

٩- يوجد بحوض التصريف الكثير من أنماط التصريف أهمها النمط الشجرى والنمط المستطيل والإشعاعى، وقد أدى تباين الوحدات الجيولوجية بالحوض لاختلاف وتنوع أنماط التصريف، ولكن بصفة عامة يمكن القول بأن النمط الشجرى هو النمط السائد بالحوض.

١٠- وبدراسة العلاقة بين اتجاهات المجارى وخطوط المضرب تبين أن أغلب الأودية تتسم بأنها أودية تالية حيث تتعامد على ميل الطبقات ولكن وادى وتير نفسه عبارة عن وادى عكسي حيث أنه يسير فى عكس ميل الطبقات ، كما يوجد النمط التابع فى بعض الأودية.

١١- بدراسة العلاقات بين كل من متغيرات حوض التصريف وشبكة التصريف اتضح أن هناك مجموعة من العوامل تؤثر على الأحواض وشبكاتها أهمها العامل المورفومتري وعامل الشكل ثم عامل الشبكة ، وقد أمكن تقسيم أحواض الروافد إلى فئات بحسب المتغيرات التى استخدمت فى عملية التحليل الإحصائى والتى بلغ عددها نحو ٢٧ متغير .

١٢- تلخصت العوامل المؤثرة على حوض التصريف وشبكته فى نوع الصخر وبنيته والتضاريس والمناخ وأخيرا المرحلة الجيومورفولوجية .

الفصل الرابع

الخصائص الهيدرولوجية لحوض التصريف

أولاً: الأمطار

أ - كمية الأمطار ب - درجة تركز المطر

ج - كمية الأمطار الساقطة على حوض التصريف

د - كمية الأمطار الساقطة على أحواض الروافد

ثانياً : الفواقد

أ - التبخر

ب - التسرب

ثالثا : الجريان السطحي

رابعا : العلاقة بين خصائص حوض التصريف والجريان السطحي بالحوض .

مقدمة

تعتبر الخصائص الهيدرولوجية لحوض التصريف أحد الملامح الهامة التى تحدد إلى حد بعيد نوع من الأشكال الجيومورفولوجية السائدة وطبيعة العمليات الجيومورفولوجية ، كما أن الخصائص الهيدرولوجية تمثل العلاقة بين الخصائص المناخية (المطر - الحرارة ...الخ) وخصائص حوض التصريف (نوع الصخر وخصائصه ، الخصائص المورفومترية ..الخ) .

وعلى الرغم من أهمية دراسة الجوانب الهيدرولوجية إلا أنه دائما ما تواجه الباحث مشكلة قلة محطات الأرصاد وكذلك قلة البيانات التى قد لا تكون مستمرة لفترة طويلة .

وعلى الرغم من أهمية منطقة الدراسة فقد لاحظ الطالب عدم وجود أى محطات مناخية داخل حدود الحوض على الإطلاق ، ولذلك فقد اعتمد الطالب على خمس محطات ***تقع جميعها خارج حوض التصريف بمسافات متباينة*** ولكنها تحيط بحوض التصريف وهذه المحطات هى رأس النقب - الثمد - نخل - سانت كاترين ، راس نصراني ، شكل (٤-١) .

وتتميز شبه جزيرة سيناء بقلة المحطات المناخية بصفة عامة حيث لا يوجد سوى عشر محطات فقط تغطى الواحدة منها نحو ٤٠٠٠ كم٢ بينما يجب ألا تزيد هذه المساحة عن ٢٥٠ كم٢ فى الدراسات التفصيلية ، (Kamal, et-al, 1980, P. 829) .

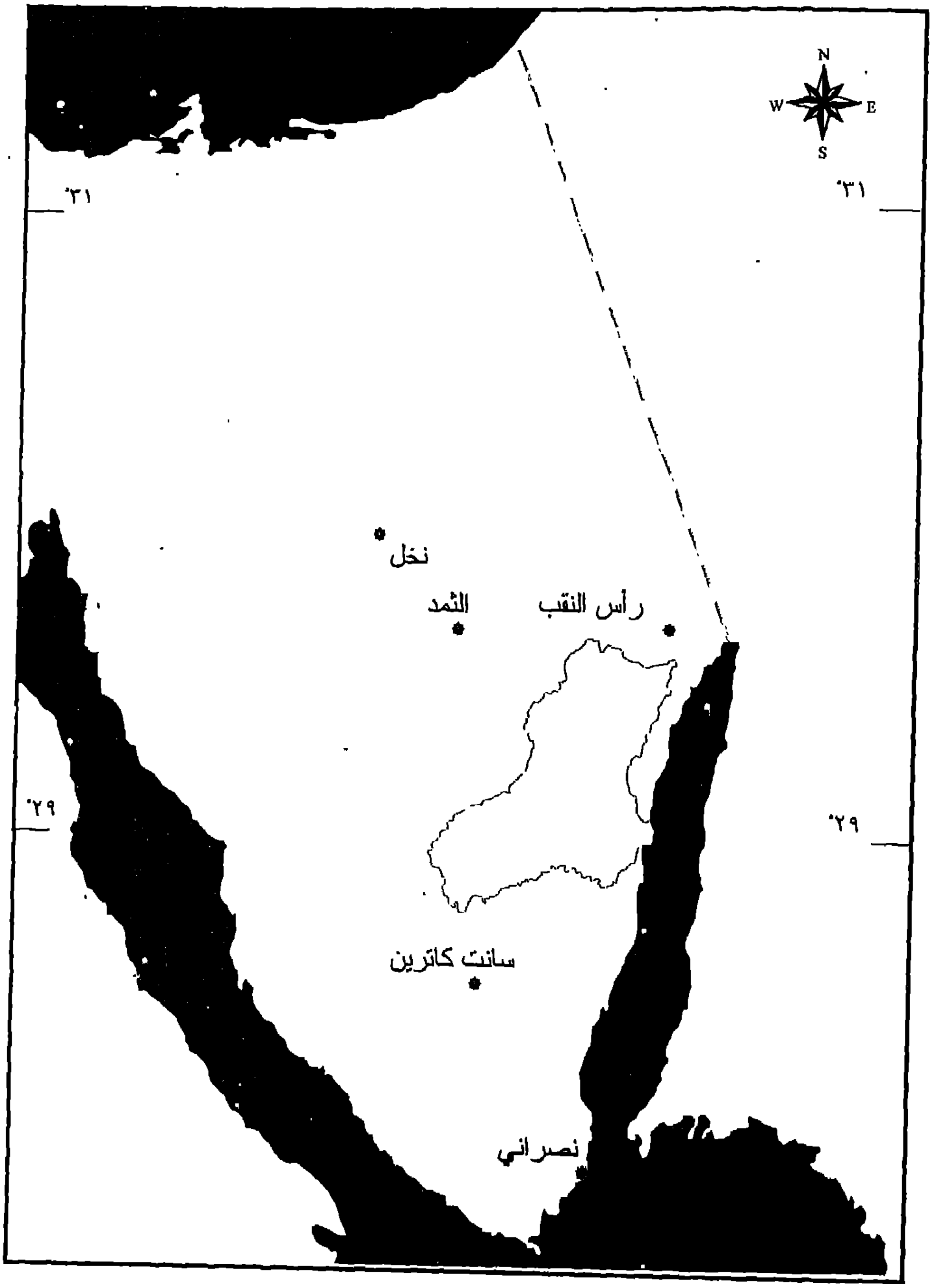
ومن ثم فسوف نحاول دراسة الخصائص الهيدرولوجية من خلال دراسة العناصر التالية :

أولا : المطر من خلال دراسة خصائصه وفاعلية وكميته وأهم العوامل المؤثرة فيه حيث يعتبر من أهم المدخلات فى نظام حوض التصريف .

ثانيا : دراسة الفواقد عن طريق التبخر والتسرب .

ثالثا : دراسة الجريان السطحي وأهم سماته .

رابعا : العلاقة بين خصائص حوض التصريف والجريان السطحي بالحوض.



شكل (١-٤) **المحطات المناخية المستخدمة لمنطقة الدراسة**

أولاً : الأمطار

أ - كمية الأمطار

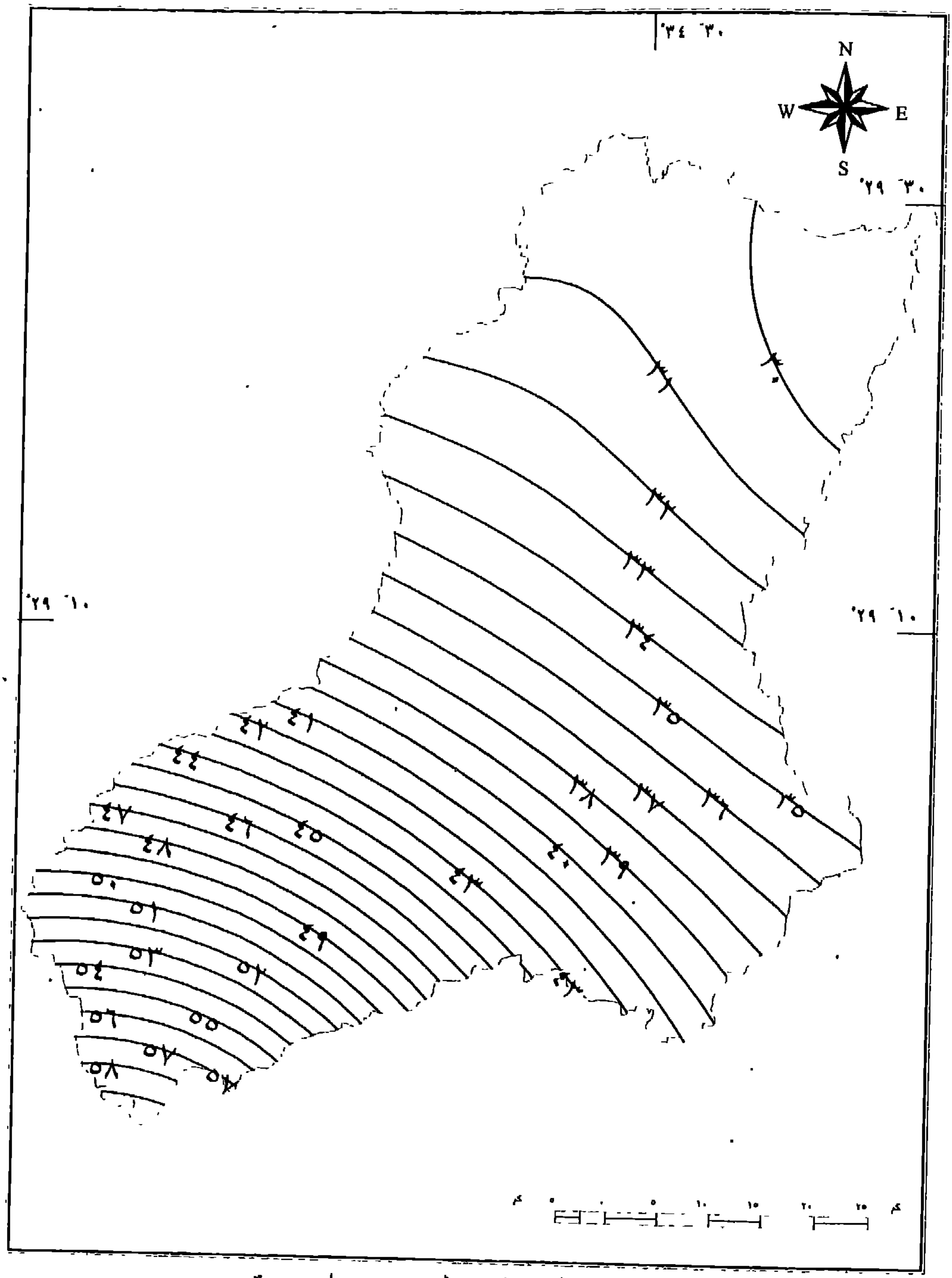
يتلقى حوض التصريف أمطاره بصورة رئيسية خلال فصلي الخريف والشتاء حيث تبدأ الشهور المطيرة من سبتمبر وحتى نهاية مايو ، وينقسم المطر إلى نوعين :

النوع الأول هو المطر الإعصاري ويتميز بالانتظام حيث تسقط الأمطار خلال ساعات في صورة وابل ، وينشأ هذا النوع من الأمطار نتيجة لوجود المنخفضات الجوية التي تعبر المنطقة وخاصة خلال فصل الشتاء ، وتتوقف كمية المطر ووقت سقوطه على مسارات المنخفضات الجوية والتي تسير عادة من الغرب إلى الشرق .

أما النوع الثاني من الأمطار فهو المطر التصاعدي ويسقط عادة خلال فصل الربيع نتيجة لتسخين الهواء ثم صعوده وتكاثفه ويغلب على هذا النوع عامل الصدفة (الحسيني ،١٩٨٧، ص ٩-١١) ، ويتميز هذا النوع بعدم الانتظام والتركز الشديد وهذا النوع من الأمطار هو الذي يسبب حدوث السيول .

وتتفاوت كمية الأمطار بصورة كبيرة من شهر لآخر ومن عام لآخر وهذه إحدى أهم سمات المطر الصحراوي ، فعلى سبيل المثال في محطة نخل لم تسقط الأمطار خلال ٣٩ سنة سوى في ١٧ سنة وتراوحت الكمية بين ١ مم عام ١٩٦١ و ٣٠,٥ مم في عام ١٩٦٥ ، كذلك فقد تراوحت الكمية في محطة الثمد ما بين صفر ، ١٦ مم فقط ، (صالح ، ١٩٨٥ ، ص٢٠١) ، ويؤكد هذا التفاوت معامل الاختلاف ، إذ بلغ هذا المعامل ٣٧٪ في الثمد وفي نخل ٧٤٪
ويتضح من خلال جدول (٤-١) وشكل (٤-٢)[١] ما يلي :

[١] تم إنشاء خطوط المطر المتساوي باستخدام برنامج Arc View وبرنامجه الاضافي Spatial Analyst وهي خطوط تقريبية لعدم وجود محطات داخل الحوض .



شكل (٤-٢) خطوط المطر المتساوي لحوض وادي وتير (بالمليمتر)

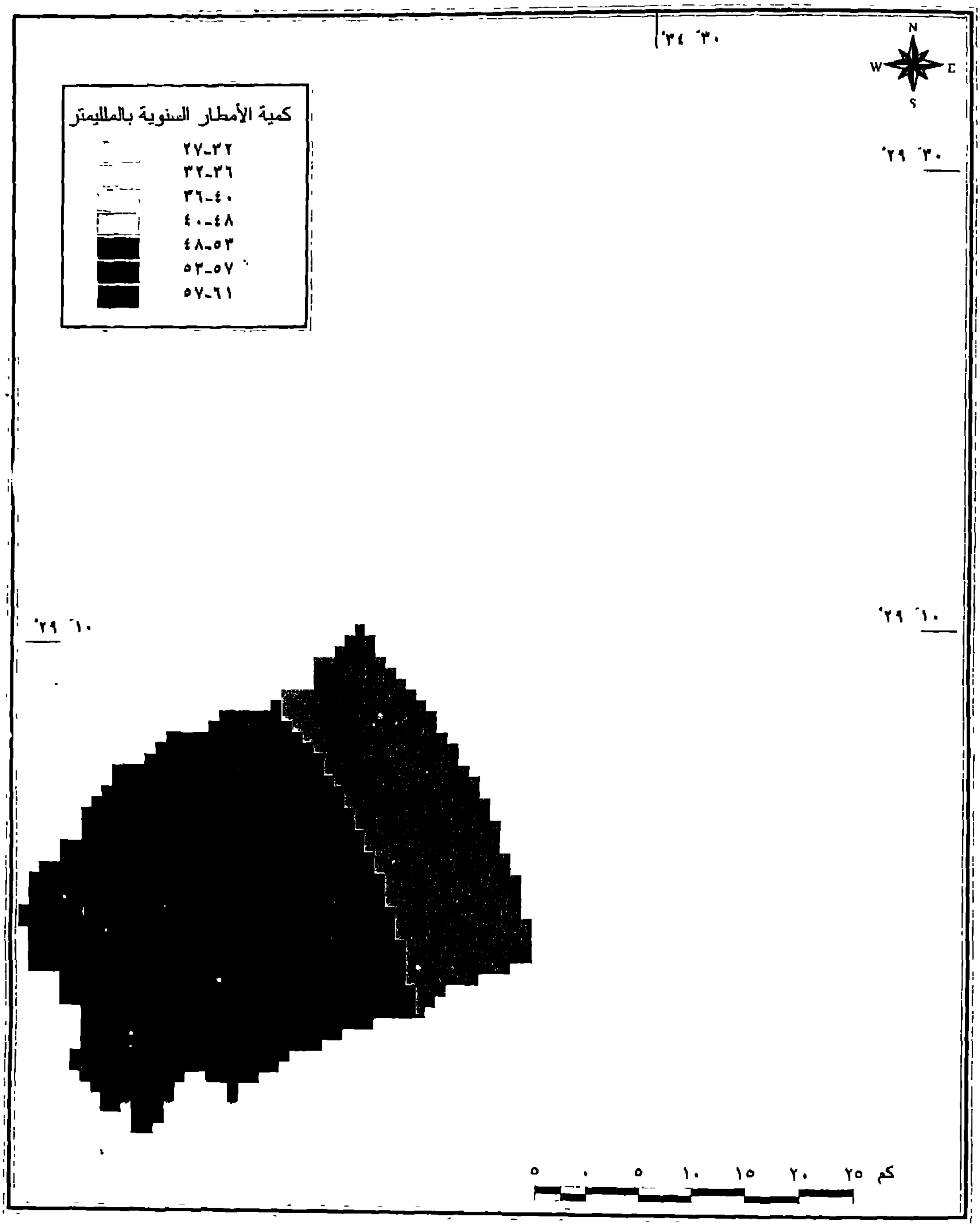
جدول (٤-١) المتوسط السنوي لكميات الأمطار في بعض المحطات المختارة (بالمليمتر) [١]

(٦٢-١٩٦٧ ، ٨٣-١٩٩٤)

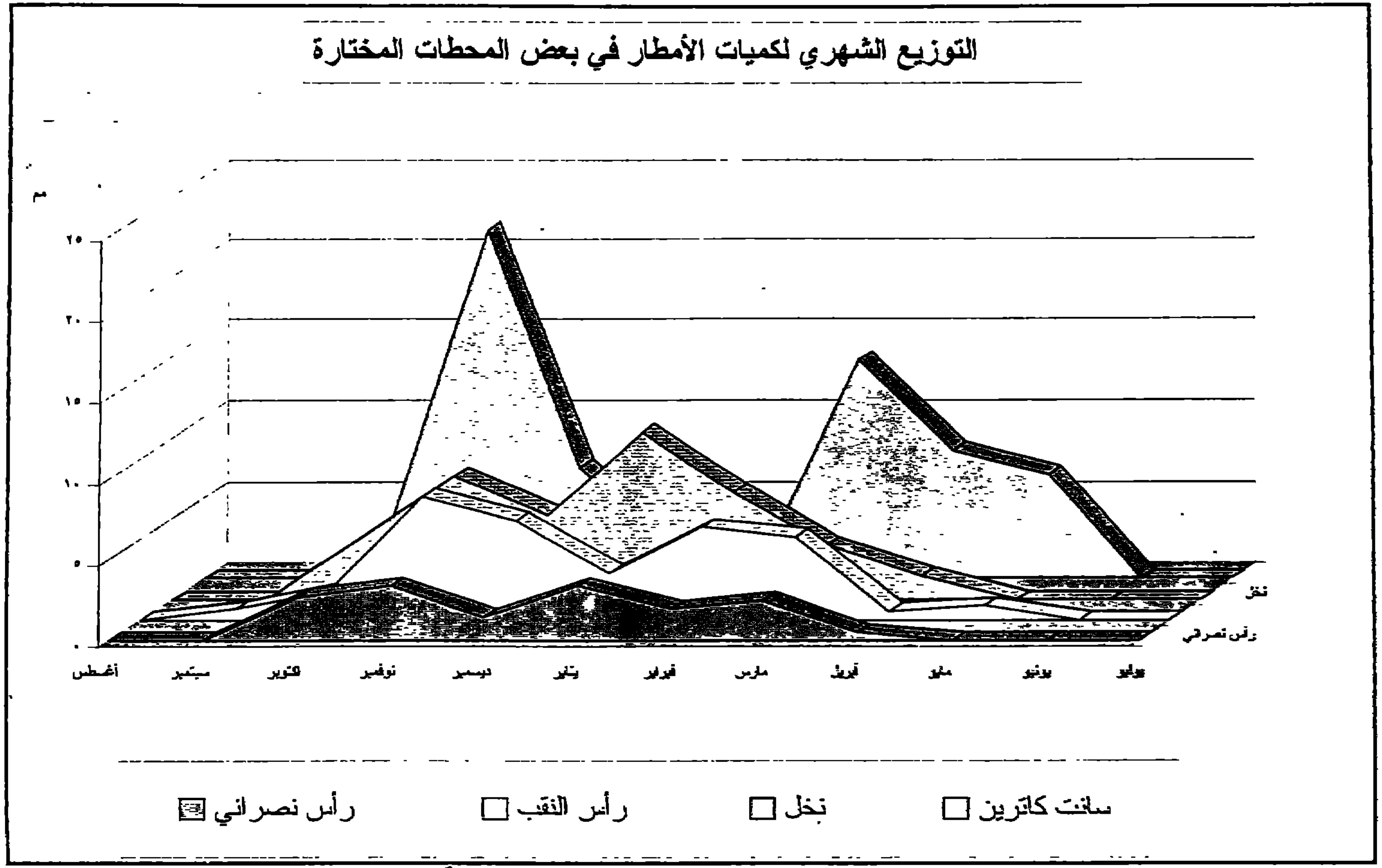
المحطة	الموقع الفلكي		الارتفاع (متر)	متوسط المطر السنوي (مم)	أكبر كمية سقطت في يوم واحد (مم)
	دائرة العرض	خط الطول			
نخل	٢٩ ٥٥	٣٣ ٤٥	٥٣٠	٣٨,٢	٢٢,٧
الثمد	٢٩ ٤٠	٣٣ ٢٢	٨٥٠	٢٩	١٤٢
رأس النقب	٢٩ ٢٦	٣٤ ٤٧	٩٤٠	٢٨,٧	١٥
سانت كاترين	٢٨ ٣٨	٣٣ ٥٩	١٥٧٠	٦٣,٢	٧٦,٢
رأس نصراني	٢٧ ٥٨	٣٤ ٢٠	١٣٠	١٦	١٠,٣

- تناقص كمية الأمطار الساقطة على الحوض بالتدريج من الشمال الشرقي صوب الجنوب الغربي فبينما سجلت محطة راس النقب (في شمال شرق الحوض) ٢٨,٧ مم سنويا سجلت محطة سانت كاترين (جنوب غرب الحوض) نحو ٦٣ مم سنويا ويتضح ذلك أيضا من خلال دراسة خطوط المطر المتساوي Isohyets إذ يقطع المنطقة خط المطر المتساوي ٣٠ مم في شمالها الشرقي وتزيد كمية الأمطار كلما اتجهنا صوب الجنوب الغربي إذ يقطع الحوض خط المطر المتساوي ٥٨ مم ، وربما يرجع هذا إلى اتجاه المنخفضات الجوية التى تتجه من الغرب إلى الشرق . وبالتالي تقل كمية الأمطار التى تسقط كلما اتجهنا شرقا كما أن تركز الأمطار فى الجزء الجنوبي الغربي ربما يرجع إلى ارتفاع هذه المنطقة وبالتالي تزداد كمية الأمطار نتيجة لاصطدام الرياح بهذه التضاريس المرتفعة (سجلت سانت كاترين أعلى كمية وبلغت ٦٣ مم سنويا) شكل (٤-٣) .
- من خلال جدول (٤-٢) وشكل (٤-٤)[٢] يمكن ملاحظة التباين فى كمية الأمطار الساقطة على كل محطة من المحطات على مستوى شهور السنة .

(١) الخنسي ، ١٩٨٧، ص ١٠ .
صباغ ،١٩٨٥، ص ٢٠٠ .
Shabana.A.R..1998.p.99
Mourad.&Moselhy.(no date).pp10-15
(٢) تم جمع بيانات عن عمله الثمد .



شكل(٤-٣) كمية الأمطار الساقطة على وادي وتير بالملليمتر


التوزيع الشهري لكميات الأمطار في بعض المحطات المختارة
مم
٠
٥
١٠
١٥
٢٠
٢٥
أغسطس
سبتمبر
أكتوبر
نوفمبر
ديسمبر
يناير
فبراير
مارس
أبريل
مايو
يونيو
يوليو
نخل
رأس نصراني
رأس نصراني
رأس النقب
نخل
سانت كاترين

شكل (٤-٤)

جدول (٤-٢) **التوزيع الشهري لكميات الأمطار في بعض المحطات المختارة (بالمليمتر)** (١)

الشهر / المحطة	نخل	رأس النقب	سانت كاترين	رأس نصراني	المتوسط	الانحراف المعياري	معامل الاختلاف ٪
يناير	١٠,٣	٢,٩	١,٧	٣,٤	٤,٥٨	٣,٨٨	٨٤,٨٧
فبراير	٦,٦١	٥,٧	١,٦	٢	٣,٩٨	٢,٥٤	٦٣,٩٩
مارس	٣,٣١	٥,١	١٣,٤	٢,٥	٦,٠٨	٥	٨٢,٣٥
أبريل	١,٤	٠,٦	٧,٩	٠,٥	٢,٦٠	٣,٥٦	١٣٦,٧٨
مايو	٠	٠,٩	٦,٤	٠	١,٨٣	٣,٠٨	١٦٨,٧٣
يونيو	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠
يوليو	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠
أغسطس	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠
سبتمبر	٠	٠,٧	٠	٠	٠,١٨	٠,٣٥	٢٠٠
أكتوبر	٣,٨	١,٨	٣,٨	٢,٧	٣,٠٣	٠,٩٧	٣١,٩٨
نوفمبر	٧,٦	٧,٦	٢١,٥	٣,٤	١٠,٠٣	٧,٩٠	٧٨,٨٢
ديسمبر	٥,٢	٦,١	٦,٩	١,٥	٤,٩٣	٢,٣٩	٤٨,٤٦
الإجمالي	٣٨,٢٠	٢٨,٧	٦٣,٢٠	١٦	٣٦,٥٣	١٩,٩٧	٥٤,٦٩
المتوسط	٣,١٨	٢,٦٢	٥,٢٧	١,٣٣	٣,١٠		
الانحراف المعياري	٣,٥٧	٢,٧٧	٦,٦٠	١,٤١	٣,٠٥		
معامل الاختلاف (٪)	١١٢,١٢	١٠٥,٩٩	١٢٥,٤٠	١٠٥,٦٥	٩٨,٤		

ويلاحظ من هذا الجدول السابق ما يلي :

- تتركز الأمطار على حوض التصريف خلال الفترة من سبتمبر وحتى مايو مع وجود قمة خلال شهر نوفمبر إذ بلغ متوسط كمية الأمطار للمحطات الخمس المختارة نحو ١٠ مم ، كذلك توجد قمة أخرى في بعض المحطات خلال شهر مارس .
- هناك تفاوت كبير بين كل شهر وآخر على مستوى المحطات فعلى سبيل المثال سجلت محطة سانت كاترين نحو ٢١مم خلال شهر نوفمبر بينما سجلت محطة راس نصراني ٣,٤ مم خلال نفس الشهر ويدل على ذلك معامل الاختلاف ٧٨ ٪ إلا أن هذا المعامل يرتفع لأكثر من ٢٠٠ ٪ خلال شهر سبتمبر على الرغم من أن أعلى كمية مطر سقطت على راس النقب بلغت ٠,٧ مم ، ولكن يرجع ارتفاع معامل الاختلاف خلال هذا الشهر لعدم سقوط أمطار على محطات نخل وسانت كاترين وراس نصراني .

كذلك يتضح مدى التفاوت في كمية المطر على مستوى كل محطة فقد بلغ معامل الاختلاف ١١٢ ٪ ، ١٠٦٪ ، ١٢٥٪ ، ١٠٥٪ لمحطات نخل وراس النقب وسانت كاترين وراس نصراني على التوالي .

(١) الحسيني، ١٩٨٧ ، ص ١٠

صالح ، أحمد سالم ، ١٩٨٥، ص ٢٠٠

Shabana ,1998,p.99

Mourad,&Moselhy,(no date),pp120-125

ويشير تقارب قيم هذا المعامل الى التجانس فى تفاوت المطر بين المحطات المذكورة .
كذلك من الأساليب الإحصائية التى استخدمت لقياس حجم التفاوت في كمية الأمطار السنوية في المحطات المختلفة مؤشر التغير الفصلى Index of Seasonal Variability ويمكن الحصول عليه من خلال العلاقة التالية :

$$S_v = p^2/P$$

حيث :

S_v مؤشر التغير الفصلى

P تمثل كمية التساقط السنوي

p^2 تمثل كمية التساقط فى اكثر الشهور رطوبة (Gregory&Walling,1976,p.184)

وباعتبار شهر نوفمبر اكثر الشهور مطرا فقد تم حساب هذا المؤشر لمحطات الأرصاد المختارة وجاءت النتيجة كما يلي :

نخل = ١,٥ رأس النقب = ٢ كاترين = ٧,٣ رأس نصراني = ٠,٧

ونستطيع القول بان محطة سانت كاترين أكثر المحطات تباينا وكما سبق وأشرنا فإن ذلك يرجع إلى ارتفاعها الشديد ، بينما على الجانب الاخر نجد أن رأس نصراني أقل المحطات تغيرا في كمية المطر خلال شهور فصول السنة ويرجع ذلك إلى كونها محطة ساحلية ومن ثم تتميز بالثبات النسبي في كمية المطر الشهرية .

ب – درجة تركز المطر Rainfall Intensity

ويعد من أهم المعاملات التي تدرس خصائص المطر وخاصة فى المناطق الصحراوية التى تتسم بتركز سقوط المطر خلال فترة زمنية محدودة .

ويقاس تركز المطر بحساب كمية المطر الساقطة إلى الفترة الزمنية التي سقطت خلالها تلك الكمية سواء بالدقائق أو الساعات او الأيام ، وجدير بالذكر أن المطر الصحراوي يتسم بالندرة ولكن نتيجه لتركزه في فترة زمنية محدودة تحدث السيول الهادرة .

وتتسم منطقة الدراسة بتركز كمية المطر خلال الفترة من سبتمبر إلى مايو ، ويعد شهر نوفمبر من أعلى الشهور مطرا كما رأينا سلفا وتسقط الأمطار على هيئة وابل شديد التركز فى فترة زمنية محدودة قد تستمر لبضع دقائق أو قد تستمر لعدة أيام إذا كانت العاصفة المطرية شديدة (سلامة ، ١٩٨٥ ، ص٣٢) . وينشأ الجريان اذا ما كانت كمية الأمطار (المدخلات Gain) تفوق كمية الفاقد Loss التى تتمثل فى التسرب و التبخر .

ولكن على الرغم من اهمية هذا المعامل ودقته فى حساب درجة تركز المطر إلا أن البيانات التفصيلية للحصول على هذا البيان غير متوفرة ولذلك فسوف يعتمد الطالب على اكبر كمية مطر سقطت في يوم واحد .

ومن خلال جدول (٤-١) يتضح ما يلي :

- سجلت سانت كاترين نحو ٧٦ مم فى يوم واحد من أيام شهر نوفمبر بينما لا يزيد المطر السنوي عن ٦٢مم .
- أما الثمد فتمثل نمطا متطرفا حيث سجلت نحو ١٤٢مم فى يوم واحد بما يمثل ٤٩٠٪ من المتوسط السنوي أو نحو خمسة امثال المتوسط السنوي سقطت فى يوم واحد فقط .

وقد أشار (الحسينى ، ١٩٨٧ ، ص١٣) إلى أن التركز الشديد للمطر خلال فترات قصيرة وبكميات كبيرة يزيد من فاعلية المطر وكفايته ليغطى الفواقد وخاصة التبخر مما يؤدى إلى تشرب التربة وجريان المياه فى الاودية فى نهاية المطاف ، ويعتقد كثير من الباحثين أن الحد الأدنى اللازم لحدوث الجريان هو ١ مم / دقيقة. بمجموع ١٠ مم خلال العاصفة الواحدة ، (صالح ، ١٩٨٩ ،ص١٥) إلا أن ذلك يتوقف على مجموعة من العوامل الأخرى مثل الخصائص الليثولوجية ودرجة الانحدار .

وفى الدراسة التى اجريت على الجزء الشمالي من ساحل خليج العقبة فى مناطق مختلفة اتضح أن الجريان قد ينشا عند درجة غزارة بلغت ٠,٧٢ مم ، ١,٠٥ مم ، ٠,٠٠٦ مم/دقيقة ، وباجمالي كميات مطر ٧٢ ، ١٠,٥٢ ، ٦ مم ، ١,٢١ مم ، ١,٢١ على التوالي ، ويرجع التباين فى نشأة الجريان إلى اختلاف خصائص المناطق محل الدراسة (Yair, & Lavee , 1976 , P. 240) نقلا عن (صالح ، ١٩٨٩ ، ص ١٧).

ج - كمية الأمطار الساقطة على حوض التصريف :

نتيجة لكبر مساحة الحوض - اكثر من ٣٠٠٠ كم٢) . ونتيجة لاختلاف الصخور وتنوعها وكذلك تباين المدى التضاريسي والانحدارات ، نتيجة لكل ما سبق فان كمية المياه المتساقطة على حوض وادي وتير تختلف من مكان لأخر .

وبناءا على ذلك فقد حاول الطالب حساب كمية المياه الساقطة على حوض التصريف باستخدام المحطات المناخية المتاحة (خمس محطات) وقد اعتمد الطالب على طريقة لانسلى (Linsley, et-al., 1982, P.72)

والتى تتلخص فيما يلي :

١ - الحصول على مجموع الأمطار السنوي للمحطات المختارة .

٢ - عمل خطوط المطر المتساوي Isohyetal

٣ - حساب المساحات المحصورة بين كل خطين متتاليين من خطوط المطر المتساوي.

٤ - الحصول كمية الأمطار الساقطة عن طريق ضرب متوسط كل خطين متتاليين في المساحة المحصورة بينهما.

٥ - جمع كل كميات المطر التي تم الحصول عليها والناتج يمثل إجمالي كمية المطر الساقطة على الحوض . .

٦ - الحصول على المتوسط السنوي لكمية الأمطار في حوض وادي وتير عن طريق قسمة اجمالي كمية الأمطار الساقطة على الحوض على إجمالي مساحة الحوض.

ومن خلال جدول (٤-٣) يتضح ما يلي :

- بلغ إجمالي كمية المطر السنوية الساقطة على الحوض نحو ١٣٨ مليون متر٣ سنويا ، كذلك فقد بلغ المتوسط السنوي للأمطار نحو ٣٨ مم / سنويا .

وتقترب هذه الأرقام كثيرا مما توصل إليه كمال وزملائه (Kamal, et-al, 1980, P.831) إذ قدروا كمية الأمطار الساقطة على حوض وادي وتير بنحو ١٣٩ مليون متر٣ سنويا بينما بلغ متوسط المطر السنوي نحو ٣٩ مم / سنويا ، كما أشاروا إلى أن اودية خليج العقبة بصفة عامة ، وادي وتير بصفة خاصة تتلقى كمية أمطار اكثر من أودية خليج السويس بسبب شدة انحدار الأودية التي تغذى أودية خليج العقبة والتي تنبع من المناطق المرتفعة في جنوب ووسط سيناء حيث تزيد معدلات الأمطار الساقطة على هذه المناطق .

- يقع أكثر من نصف مساحة الحوض " ٥٢٪ " في نطاق المطر اقل من ٣٧ مم/ سنويا ، شكل (٤-٢) ، ويبلغ متوسط المطر في هذا النطاق ٣٢,٥ مم ، ويتمثل هذا النطاق في الجزء الأوسط والشمالي للحوض ، ويقع ضمن هذا الجزء المجرى الرئيسي للوادي ، كما أن ارتفاع هذا النطاق يتراوح بين صفر ونحو ١٢٠٠ مترا (في بعض القمم الجبلية) ، كما أن أغلب أودية هذا النطاق اودية صغيرة المساحة محددة الطول باستثناء بعض الاودية على الجانب الغربي للمجرى الرئيسي مثل أودية قديرة وسرطبة وابهيس بطنه .

جدول (٤-٣) كمية الأمطار الساقطة على حوض وادي وتير وروافده

اسم الوادي	المساحة (كم٢)	كمية الأمطار (ألف متر٣)	متوسط الأمطار السنوية (مم)	نسبة الأمطار الساقطة ٪
وتير الأعلى	١٧٥٨	٥٤٦٣٢	٣١,١	٤١,٢
الزلقة	١٢٨٢,٦	٦٠٠٦٥	٤٦,٨	٤٥,٣
نخيل	٣٣,٦	١١٦٠	٣٤,٥	٠,٩
أم عصيلة	٣,٣١	١٤٠	٤٢,١	٠,١
أم مثلة	٨,٣	٢٧٧	٣٣,٣	٠,٢
صعيد	٤,٥	١٤٠	٣١,٤	٠,١
ساكت سكوت	٣,٥	١٠٥,٥	٣٠,٤	٠,١
حمير	٦	٢٠٥	٣٤,٤	٠,٢
حويط	٧,٧١	٢٤٠,٥	٣١,٣	٠,٢
البيارية	٢٠,٥	٧٠٠,٥	٣٤,٢	٠,٥
الخليل	٢,١	٦٨	٣٢,٣	٠,١
لتحي الدوني	١٤,٢	٣٢٧,٥	٢٣	٠,٢
مكيمن الأيسر	١٣.٧	٥٠٣	٣٦,٦	٠,٤
غزالة	١٦٨,٦	٦٧٤٧	٤٠	٥,١
الردة	١,٩	٧٣	٣٨,٩	٠,١
صمغي	١٣٨	٥٣٦٥	٣٨,٩	٤
طلعة الخواصة	٣,٥	١٠٦,٥	٣٠,٤	٠,١
الصعدة السمرا	٢٥,١	٩٢٢,٥	٣٦,٨	٠,٧
الصعدة البيضا	١٨,٥	٧٠٩	٣٨,٤	٠,٥
وتير الأدنى	٧٩	٢٥٨٦	٣٢,٧	٢
وادي وتير	٣٥٩٣	١٣٨٤٨٧,٥	٣٨,٢	١٠٠

▪ يقع نحو ٢٥٪ من مساحة الحوض بين خطى مطر ٣٦,٥ مم ، ٤٣,٥ مم ، ويتمثل هذا النطاق فى معظم الجزء الأوسط للحوض ، ويبلغ متوسط المطر السنوي فى هذا النطاق نحو ٤٠مم/ سنويا.

ويمكن ملاحظة أن نحو ٧٥٪ من إجمالي مساحة الحوض تقع ضمن نطاق مطر بين ٢٩ مم ، ٤٣ مم بينما نجد أن نحو ٢٥٪ من مساحة الحوض تقع ضمن خطى المطر المتساوي ٤٣,٥مم ، ٥٩,٥ مم ، ويتمثل هذا النطاق فى الجزء الجنوبي من الحوض حيث المناطق المرتفعة -يصل الارتفاع أحيانا لأكثر من ١٩٠٠ متر- شديدة الانحدار ، ويتمثل هذا النطاق أيضا فى معظم اودية الزلقة وغزالة وصمغي ، وعلى الرغم من هذا النطاق لا يمثل سوى ربع مساحة الحوض فاننا سنجد فيما بعد أن هذا الجزء يمد الحوض بأكثر من نصف كمية الأمطار الساقطة على الحوض ككل .

د - كمية الأمطار الساقطة على أحواض الروافد :

حاول الطالب الحصول على كمية المطر الساقطة على كل حوض من أحواض الروافد مستخدما تقنية نظم المعلومات الجغرافية ، وقد تمت هذه العملية بمجموعة من الخطوات هى كما يلي :

١- عمل Coverage[1] لخطوط المطر المتساوي من النوع الخطى Line بعد الحصول عليها من عملية Interpolation للمحطات المناخية المتاحة .
٢- تحويل الـ Coverage السابقة إلى polygons وحساب المساحات المحصورة بين كل خطى مطر متساوي من خلال جدول Pat[2]
٣- استخدام layer أو coverage عليها حدود الأحواض من نوع polygon
٤- استخدام أمر Intersect لعمل تطابق overlaying بين كلا الطبقتين .
٥- الحصول على coverage جديدة مع جدول مرتبط بها Pat لكل شكل مغلق موجود فيها.
٦- استخدام (الحقل Item) المسمى Area فى الحصول على كمية المطر عن طريق المعادلة الاتية :

---

(١) تسمى الطبقة Layer في برنامج ArcInfo تسمى coverage وهى تحتوي إما على رموز مساحة polygons أو رموز خطية Lines or Arcs أو رموز موضعية Points .

(٢) تسمى الجدول المرتبط بالـ coverage من نوع polygon يسمى PAT (Polygon Attribute Table).

$$R_q = Area_k * Iso_m$$

حيث

R_q تمثل كمية المطر

$Area_k$ مساحة كل شكل مغلق Polygon بالكم٢

Iso_m خط المطر المتساوي الأوسط

٧ – بعد ذلك يصبح لدينا مجموعة من الأشكال المغلقة Polygons كل منها معروف كمية المطر الساقطة عليه وكذلك اسم الحوض الذي ينتمي إليه .

٨ – جمع القيم التى تخص كل وادي للحصول على إجمالي كمية المطر الساقطة على كل حوض من أحواض الروافد .

٩ – عمل رسم بياني لمعرفة كمية الأمطار الساقطة على كل حوض وكذلك متوسط المطر السنوي[1]

. وبعد ذلك ومن خلال جدول (٤–٣) ، وشكل (٤–٥) يتضح لنا ما يلي :

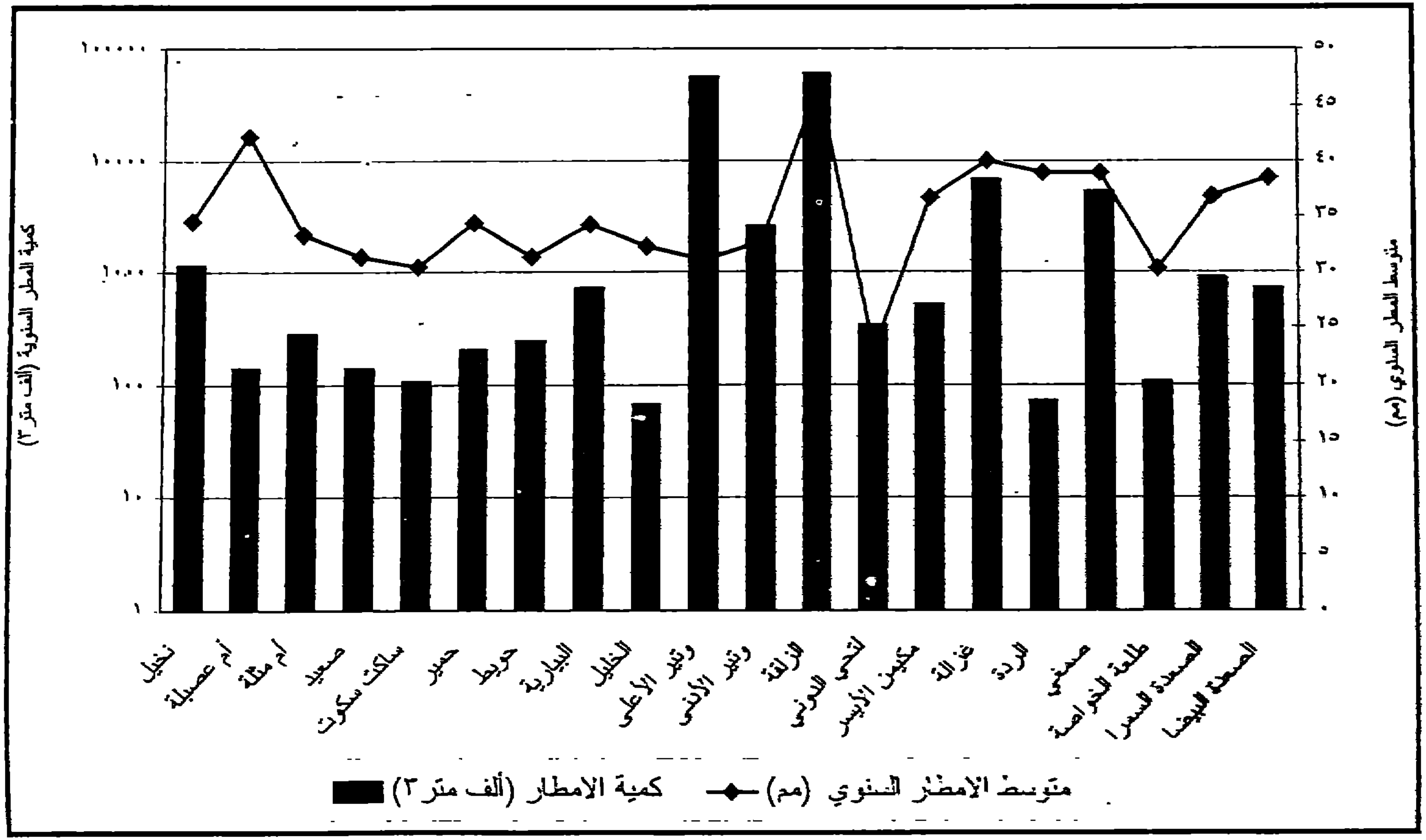
- قدرت كمية التي من الممكن أن تسقط على جميع أحواض الروافد أقل من ١٠ مليون متر٣ / سنويا ، باستثناء حوضين فقط هما (الزلقة ووتير الأعلى) إذ تبلغ كمية الأمطار السنوية الساقطة على هذين الحوضين ٦٠ ، ٥٤,٦ مليون متر٣ سنويا على الترتيب ، وتمثل الأمطار الساقطة على الحوضين السابقين نحو ٨٦,٥ ٪ من إجمالي كمية الأمطار الساقطة على حوض وادي وتير ، وربما يرجع ذلك إلى كبر مساحة الحوضين وامتداد منابعهما في مناطق شديدة الانحدار تتلقى كميات كبيرة من المطر كل عام .

- لا تمثل بقية الروافد –نحو ١٨ حوضا– سوى اقل من ١٥٪ من كمية الأمطار الساقطة على الحوض ، وربما يرجع ذلك إلى أن واديي وتير الأعلى والزلقة هما رافدا الحوض الرئيسيين .

- على الرغم من التفاوت الكبير فى كمية المطر الساقطة على أحواض التصريف إلا أننا لا نجد هذا التفاوت فى متوسط المطر السنوي ، كما يوضحه شكل (٤–٥) ، إذ تتراوح متوسط المطر السنوي بين ٢٣مم ، ٤٦ مم/ سنويا ، ويؤكد ذلك معامل الاختلاف الذى بلغ نحو ١٢,٩ ٪ لمتوسط كمية الأمطار السنوية ، فى حين بلغ معامل الاختلاف لكمية الأمطار الشهرية نحو ٣٠٠ ٪ ، ويرجع ذلك إلى التفاوت الهائل فى كمية الأمطار الساقطة على أحواض التصريف فى حين نجد أن هناك نوعا من التجانس فى المتوسط السنوي للأمطار.

---

[1] استخدمت البرامج التالية ، Arcview 3.1 , Auto cad 14 , Pc Arcinfo, Ms Excel 97



شكل (٤-٥) العلاقة بين كمية الأمطار الساقطة على الأحواض ومتوسط المطر السنوي

ثانيا : الفواقد

تعتبر الفواقد ذات تأثير كبير على عملية الجريان السطحي ، فربما تكون كمية الأمطار كبيرة ولكنها تقل عن جملة الفواقد وبالتالي لا يحدث جريان سطحي ، والعكس بالعكس ففي بعض الأحيان تتسبب كمية قليلة من الأمطار في جريان سطحي شديد وذلك لأن جملة الفواقد (Losses) تكون أقل من جملة الأمطار (المدخلات Input) ولا تؤثر الفواقد على عملية بداية الجريان فقط ولكنها تؤثر كذلك على استمراريتها وكذلك على كمية وسرعة المياه المنصرفة .

وتنقسم الفواقد إلى التبخر Evaporation والتسرب Infiltration ، كذلك هناك أنواعا اخرى من الفواقد مثل التعلق Interception والنتح Transpiration ، وقد تم استبعاد هذين النوعين لعدم وجود غطاء نباتي تقريبا بحوض التصريف ، وبناء على ذلك فإن أهم الفواقد التي سيتم التركيز عليها هما التبخر والتسرب .

وقد تم الاعتماد على البيانات المناخية الخاصة بالتبخر من خلال المحطات المناخية المتاحة حول الحوض ، وذلك لأنه كما ذكرنا من قبل لا توجد أية محطات مناخية داخل الحوض .

اما التسرب فسوف يعتمد الطالب على مجموعة من المعادلات التى يتم بها حساب كمية المياه المتسربة آخذا فى الاعتبار نوع الصخر والرواسب السطحية ، وبناءا على ذلك فان دراسة الفواقد سوف تشتمل على ما يلي :-

أ - التبخر Evaporation

يقصد بعملية التبخر عملية انتقال جزئيات المياه إلى الهواء ولا تحدث عملية الانتقال إلا فى حالة اختلاف فى ضغط بخار الماء Vapour pressure gradient بين سطح التبخر والهواء (Barry, in Chorley, 1969, P.169) وعلى سبيل المثال فان عملية التبخر تتوقف تماما إذا كانت الرطوبة النسبية تساوى ١٠٠٪ .

وهناك مجموعة من العوامل تؤثر فى عملية التبخر ولكنها عوامل عديدة ومعقدة ويصعب تحديد تأثيرها بشكل واضح على عملية التبخر ،(طلبه ، ١٩٩٠ ، ص١٩٥) ، ويعد الإشعاع الشمسي ودرجة الحرارة من أهم العوامل المؤثرة على عملية التبخر ، فعملية التبخر تزاد أثناء النهار وتقل أثناء الليل ، كما أنها تزيد خلال فصل الصيف وتقل شتاءا ، كما أن عملية التبخر نفسها تحتاج إلى درجة الحرارة لكي تتم ، فلكي يتم تبخير جرام واحد من المياه فان ذلك يستلزم نحو ٥٤٠ سعر حراري عند درجة حرارة ١٠٠ م ونحو ٦٠٠ سعر حراري عند درجة حرارة صفر م (Barry, in Chorley, 1969, P.169) .

ومن العوامل الأخرى التي تؤثر على عملية التبخر فى حوض وادي وتير عامل التضاريس حيث يزيد التبخر فى المناطق المنخفضة ويقل فى المناطق المرتفعة ، وبالتالي فان كمية الأمطار التى تسقط فى معظمها على الأجزاء المرتفعة للحوض تقل كمية الفاقد منها عن طريق التبخر .

ولكن ينبغي توخى الحذر عند معالجة التبخر إذ انه يجب أن يتم حساب كمية التبخر أثناء عملية الجريان أو أثناء زمن تصرف الحوض ، (خضر ، ١٩٩٨،ص ٣٩٢) ، إذ أن الجريان فى الأحواض الجافة بصفة عامة وفى وادي وتير بصفة خاصة يتم خلال فترة زمنية محدودة وبالتالي تكون كمية الأمطار اكبر من التبخر ومن ثم يحدث الجريان السطحي الذى يكون كثيفا ومركزا خلال ساعات معدودة ، ولذلك سوف يتم دراسة معدلات التبخر بصفة عامة على حوض التصريف ثم دراسة معدلات التبخر على مستوى أحواض التصريف من خلال العلاقة بين زمن التصرف والتبخر أثناء تصرف المياه

معدلات التبخر في حوض وادي وتير

تم الاعتماد على المحطات المناخية المتاحة عند دراسة التبخر و هذه المحطات هى (سانت كاترين ، نخل ، الثمد – راس النقب ، راس نصراني) ومن خلال جدول (٤-٤) يتضح ما يلي :

- بلغ متوسط التبخر الشهري على مستوى الحوض نحو ١٢,٨ مم / شهريا أي أن المتوسط السنوي يساوى ٤,٦٧ مترا وعند مقارنة هذه القيمة مع بعض المناطق مثل وادي العريش إذ بلغ المتوسط السنوي نحو ٣ أمتار ، (صالح ، ١٩٨٥ ، ص٢١٠) ، يتضح ارتفاع قيمة التبخر فى حوض وادي وتير وربما يرجع ذلك لأن مناخ الحوض اكثر قارية من وادي العريش وكذلك لأن الحوض يتلقى كمية كبيرة من الإشعاع الشمسي طوال العام ، كما أن حوض التصريف يقع في وسط سيناء تقريبا ولا يطل خليج العقبة –ذو التأثير المناخي المحدود سوى بشريط ضيق ومحدود يتمثل في دلتا الوادي ، وقد يكون السبب فى ارتفاع هذه القيمة هو أن المحطات المناخية غير كافية ، أو ليست دقيقة البيانات ، على أية حال فبناء على القيمة المذكورة فإن إجمالي كمية المياه التى من الممكن فقدها سنويا يبلغ نحو ١٣,٩مليار متر٣ سنويا أو نحو ٤٦ مليون متر٣ يوميا على مستوى حوض التصريف بأكمله ، بينما بلغ إجمالي كمية المطر الساقطة على وادي وتير سنويا نحو ١٣٨ مليون متر٣ ، وهذا يعنى أن كمية المطر السنوية التى تسقط على وادي وتير هناك إمكانية لتبخيرها خلال ٣ أيام فقط ، ولكن كما سبق وأشرنا فان ذلك ليس صحيحا بسبب تركز المطر فى سويعات معدودة تفوق خلالها كمية الأمطار الساقطة كمية المياه المتبخرة ومن ثم تحدث السيول .

جدول (٤-٤) **فواقد التبخر من بعض المحطات المختارة**

الشهر	سانت كاترين		نخل		رأس نصراني		رأس النقب		المتوسط	الإجمالي
	معدل التبخر مم/يوم	أجمالي التبخر (مم)	معدل التبخر مم/يوم	إجمالي التبخر (مم)	معدل التبخر مم/يوم	اجمالي التبخر (مم)	معدل التبخر مم/يوم	اجمالي التبخر (مم)	(معدل التبخر) مم	(مم)
يناير	٦	١٨٦	٥,٦	١٧٣,٦	١١,١	٣٤٤,١	٥,٨	١٧٩,٨	٧,١٢	٨٨٣,٥
فبراير	٧,٢	٢٠٥	٧,١	٢٠٢,٣	١٣,٢	٣٧٦,٢	٧.٧	٢١٩	٨,٨٥	١٠٠٣
مارس	٩,٣	٢٨٨	١٠,٤	٣٢٢,٤	١٤,٧	٤٥٥,٧	٨,٩	٢٧٦	١٠,٨	١٣٤٢
ابريل	١٢,٦	٣٧٨	١٣,١	٣٩٣	١٧,٦	٥٢٨	١١,٤	٣٤٢	١٣,٧	١٦٤١
مايو	١٥,٢	٤٧١	١٥,٥	٤٨٠,٥	٢١,١	٦٥٤,١	١٤,٣	٤٤٣,٣	١٦,٥	٢٠٤٩
يونيو	١٧,٨	٥٣٤	١٧,٥	٥٢٥	٢٦,٨	٨٠٤	١٧,٤	٥٢٢	١٩,٨	٢٣٨٥
يوليو	١٦,٢	٥٠٢	١٦,٧	٥١٧,٧	٢٥,٤	٧٨٧,٤	١٦,١	٤٩٩	١٨,٦	٢٣٠٦
اغسطس	١٣,٧	٤٢٤	١٤,٧	٤٥٥,٧	٢٢,٦	٧٠٠,٦	١٥,١	٤٦٨	١٦,٥	٢٠٤٩
سبتمبر	١١,٧	٣٥١	١٢,٢	٣٦٦	٢١,١	٦٣٣	١٣,٩	٤١٧	١٤,٧	١٧٦٧
اكتوبر	١٠,٥	٣٢٥	١٠,٦	٣٢٨,٦	١٦,٤	٥٠٨,٤	٩,٤	٢٩١,٤	١١,٧	١٤٥٤
نوفمبر	٧,٢	٢١٦	٧,٢	٢١٦	١٣	٣٩٠	٦,٥	١٩٥	٨.٤	١٠١٧
ديسمبر	٦,١	١٨٩	٥,٩	١٨٢,٩	١٢	٣٧٢	٤,٦	١٤٢,٦	٧,١	٨٨٣.٦
المتوسط	١١,٢	٣٣٩	١١,٣	٣٤٦,٩	١٧,٩	٥٤٦	١٠,٩	٣٣٢,٩	١٢,٨	١٥٦٥
الإجمالي		٤٠٧١		٤٤٦٣		٦٥٥٣		[illegible]		١٨٧٨٤
الانحراف المعياري	٤,٠٦	١٢٥	٤,٢	١٣١,١	٥,٤	١٦٥	٤,٣	١٣٤	٤,٥	٥٥٦
معامل الاختلاف٪	٣٦,٥	٣٦,٩	٣٧,٣	٣٧,٧	٢٩,٩	٣٠,٣	٣٩,٩	٤٠,٢	٣٥,٩	١٤٥,٣

- يعد شهر يونيو من أكثر شهور السنة ارتفاعا فى كمية التبخر الكامنة إذ بلغت نحو ١٩,٨ مم يليه شهر يوليو ١٨,٦ مم ، ويرجع ذلك إلى أن هذين الشهرين يمثلان قمة الصيف حيث يزداد طول النهار وبالتالي تزيد فترة الإشعاع الشمسي ومن ثم زيادة درجة الحرارة ، بالإضافة إلى أن النبات الطبيعي ليس له تأثير فى تقليل عملية التبخر بسبب ندرته ومعظمه عبارة عن شجيرات متناثرة فى بطون الأودية وبعض النباتات القليلة حول آبار المياه . بينما نجد أن أقل شهور السنة فى معدل التبخر هو شهر ديسمبر ٧,١ مم ، ويليه شهر يناير ٧,١٢ مم ثم فبراير ٨,٧ مم ، وهذه الشهور الثلاثة تمثل فصل الشتاء حيث يقل طول النهار وبالتالي تقل فترة سطوع الشمس ، كما تقل درجة الحرارة ، كما تغطى السماء فى أغلب الأيام كميات من السحب تحجب ضوء الشمس وتقلل بالتالى من إمكانية التبخر.
- لا يوجد تفاوت كبير فى قيم معدلات التبخر للمحطات المختارة إذ لا يتعدى الفرق ٠.٣ مم ، ولكن تختلف محطة راس نصراني إذ بلغ معدل التبخر بها نحو ١٧,٩ مم ، وربما يرجع ذلك إلى

موقعها البحري على ساحل خليج العقبة ، كما أنها تقع فى أقصى جنوب حوض التصريـــف حيث ترتفع درجة الحرارة ،وقد بلغ المعدل السنوي لدرجة الحرارة فى محطـــة راس نصرانـــي نحـــو ٢٥ م، بينما لم يتعد المعدل السنوي لبقية المحطات المختارة ٢٠ م .

- عند دراسة خطوط تساوى التبخر[1] ، شكل (٤-٦) ، يتضح أن معدل التبخر الشهري علـــى مستوى حوض التصريف يتراوح بين ١٠مم ونحو ١١,٥ مم ، وتزيد قيم التبخـــر بالاتجـــاه شـــرقا لتصل إلى نحو ١١,٥ مم عند مصب الوادي ، بينما يقل معدل التبخر غرب الحوض وجنوبه .

وكما سبق وأشرنا فان ذلك قد يكون ناجما عن ارتفاع المنطقة الجنوبية والجنوبية الغربية لحـــوض التصريف وبالتالي تقل معدلات التبخر في هذه المنطقة من الحوض .

- يتضح من خلال اتجاه خطوط التبخر المتساوي أن الجزء الشمالي لحوض التصريـــف يتسم بالتجانس حيث تتراوح معدلات التبخر بين ١,٣ ، ١,٨ مم فقط ويدل علـــى ذلـــك تبـــاعد خطـــوط التساوي ، وقد يرجع ذلك إلى تجانس سطح المنطقة تضاريسيا ، مقارنـــة بـــالجزء الجنوبـــي مـــن الحوض ، إذ يتسم بعدم التجانس فهناك مناطق مرتفعة (اكثر من ١٨٠٠ متر) ومناطق اقل منســوبا (نحو ٨٠٠ متر تقريبا) .

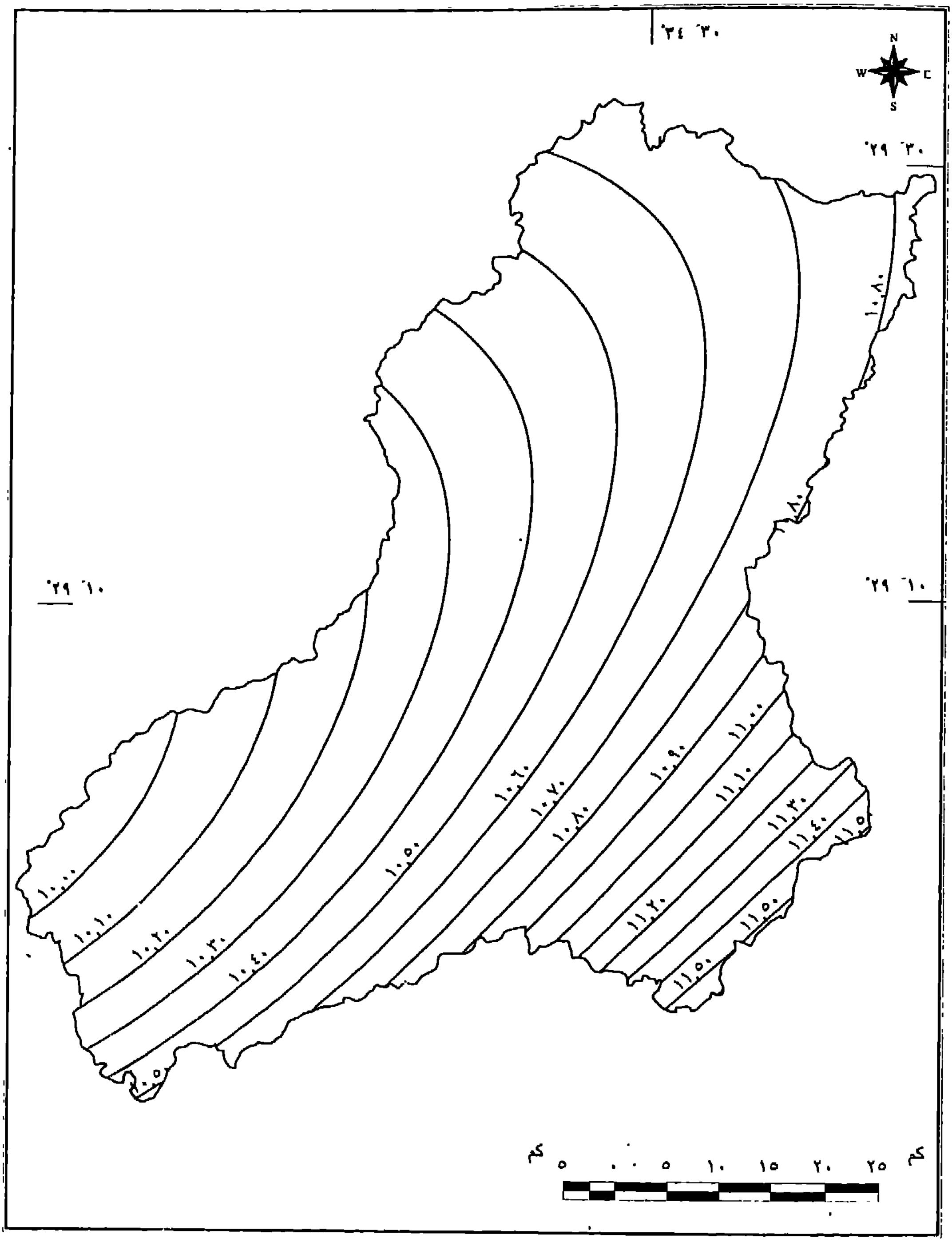
- عند مقارنة كمية المطر الساقطة على الحوض بكمية المياه المفقودة عن طريق التبخر شـــكل (٤-٧) ، يجدر بنا أن نشير إلى أن المقارنة لكي تكون صحيحة قام الطالب بحساب إجمالي التبخـــر السنوي وذلك لان المطر يتم حسابه عن طريق إجمالي المياه الساقطة طوال العام ، ومن ثم تكـــون المقارنة صحيحة ، وبناء على ذلك وعند مقارنة التبخر والمطر يتضح لنا أن أقصى معدل ســـنوي للامطار بلغ ٥٩ مم فى الجزء الغربي ، بينما تصل أقصى كمية للتبخر نحو ٤٢٠٠ مم فى الجـــزء الشرقي للحوض ، أى أن كمية المياه التى من الممكن تبخرها تبلغ نحو ٧١ ضعـــف كميـــة الميـــاه الساقطة بالفعل .

- كذلك يتضح أن المناطق التى تتلقى أكبر كمية من الأمطار (الجنوب الغربي للحـــوض) هـــى نفسها المناطق التى تقل بها معدلات التبخر .

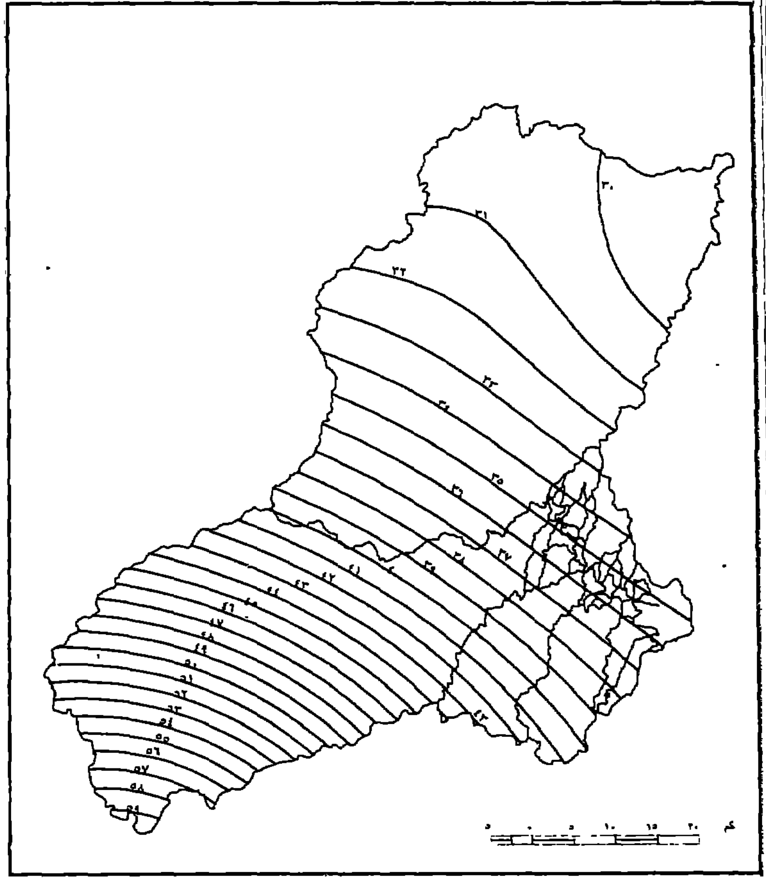
وكما سبق وأشرنا فإننا لا يمكننا الاعتماد على دراسة معدلات التبخر بصورة عامة طـــوال العام ، وذلك بسبب تركز المطر فى فترة زمنية محدودة .

---

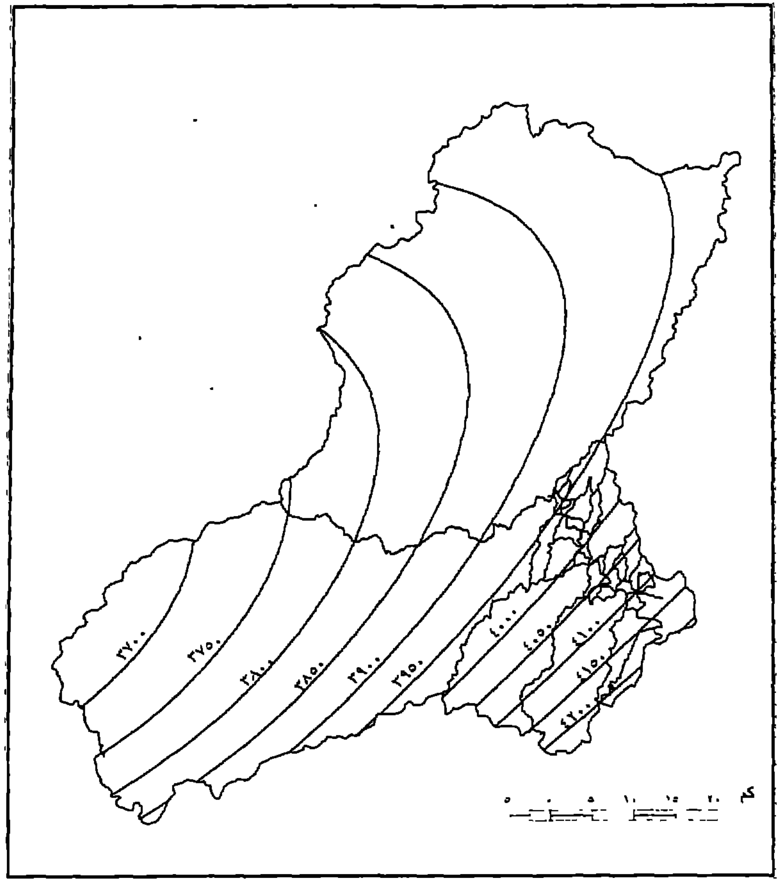
[1] تم الحصول على خطوط التبخر المتساوي بعد تنفيذ عملية Interpolation باستخدام برنامج Spatial Analyst أحد إضافات برنامج Arc View



شكل (٤-٦) **خطوط التبخر المتساوي (الشهري) بالملليمتر**



كمية المطر السنوي بالمليمتر



كمية التبخر السنوي بالمليمتر

شكل (٤-٧)

العلاقة بين المطر والتبخر في حوض وادي وتير

التبخر على مستوى أحواض الروافد :

تم دراسة معدلات التبخر وكميته على مستوى أحواض الروافد من خلال استخدام نظم المعلومات الجغرافية ويتضح من خلال جدول (٤-٥) ما يلي :

- بلغ إجمالي كمية التبخر فى أحواض الروافد المختارة نحو ١٣,٩ مليار متر٣ سنويا بينما بلغت الأمطار الساقطة نحو ١٣٨ مليون متر٣ سنويا ، ويعد حوض وادي الزلقة من اكثر الأحواض فى كمية التبخر ، إذ تبلغ جملة الفاقد بالتبخر نحو ٤,٨ مليار متر٣ سنويا ، وهو ما يمثل نحو ٣٤٪ من جملة الفاقد بالتبخر على مستوى حوض تصريف وادي وتير ، وربما يرجع ذلك إلى كبر مساحة الوادي التى تصل إلى نحو ثلث مساحة حوض التصريف الرئيسي ، ومن الممكن تقسيم أحواض الروافد بحسب جملة الفواقد بالتبخر كما يلي :

أ - <u>أحواض يقل بها إجمالي الفاقد السنوي بالتبخر عن ٥٠٠ مليون متر٣.</u>

ومعظم أحواض الروافد تقع ضمن هذه الفئة حيث أن اغلبها أودية صغيرة المساحة ، وقد بلغ عدد أحواض هذه الفئة ١٦ حوضا بنسبة ٨٠٪ من إجمالي أعداد أحواض التصريف ، بينما بلغت جملة الفاقد بالتبخر من هذه الأحواض نحو ٨٦٤ مليون متر٣ بنسبة ٦,٢٪ فقط من إجمالي الفواقد بالتبخر . .

ب -<u>أحواض يتراوح بها إجمالي الفاقد بين ٥٠٠ - ١٠٠٠ مليون متر٣</u> .

وقد بلغ عدد أحواض هذه الفئة واديين فقط هما غزالة ، صمغي ، بنسبة ١٠٪ من إجمالي أعداد أحواض الروافد ، وقد بلغت جملة الفاقد بالتبخر من هذه الأحواض نحو ١,٢مليار متر٣ بنسبة ٩٪ من إجمالي الفواقد بالتبخر، وهذه الأحواض تعد من الأحواض الرئيسية وتتسم بكبر مساحاتها مقارنة بالفئة السابقة .

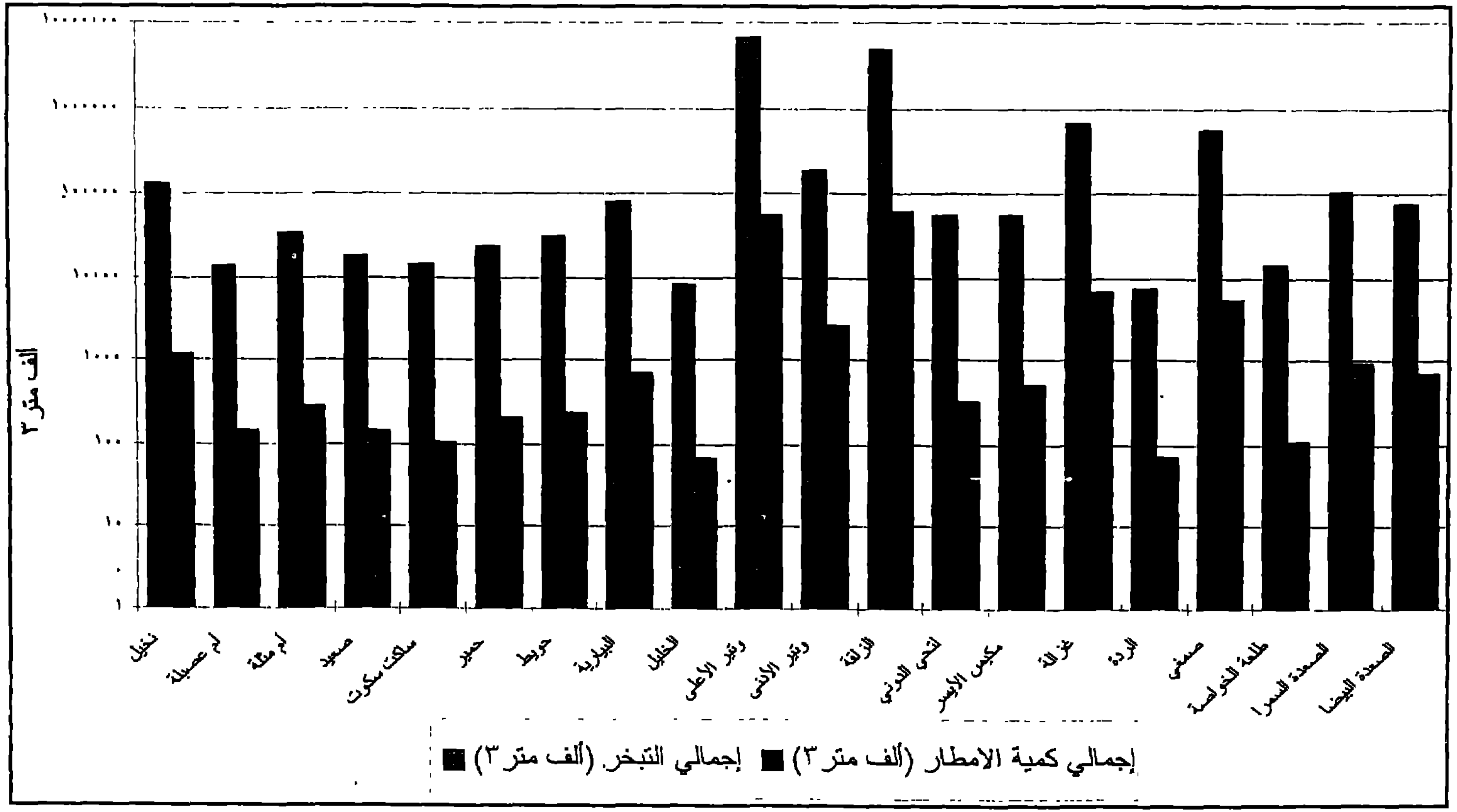
ج -<u>أحواض يزيد بها إجمالي الفاقد بالتبخر عن ١٠٠٠ مليون متر٣</u>

ولم تضم هذه الفئة سوى حوضين فقط هما وتير الأعلى والزلقة ، وعلى الرغم من أن هذه الأحواض لا تمثل سوى ١٠٪ من أعداد الأحواض ، إلا أن كمية المياه المفقودة بها يبلغ ١١,٤ مليار متر٣ بنسبة ٨١٪ من إجمالي الفاقد بالتبخر ، ولا غرو في ذلك فالحوضين معا يمثلان أكثر من ٨٠ ٪ من **مساحة الحوض الرئيسي** .

وعند مقارنة كمية المياه التى من الممكن أن يفقدها الحوض بالتبخر مع كمية الأمطار الساقطة بالفعل على مستوى أحواض الروافد ، شكل (٤-٨) ، يتضح لنا أن جميع الأحواض بلا

جدول (٤-٥) **جملة الفواقد بالتبخر في حوض وادي وتير وروافده**

اسم الوادي	المساحة (كم٢)	إجمالي التبخر (ألف متر٣)	إجمالي كمية الأمطار السنوية (ألف متر٣)	المطر/التبخر %
وتير الأعلى	٢٧٥٨	٦٥٠٠٩٠٨	٥٤٦٣٢	٠,٨
الزلقة	١٢٨٢,٦	٤٨٨٠١٤١	٦٠٠٦٥	١,٢
نخيل	٣٣,٦	١٣٤٦٩٤	١١٦٠	٠,٩
أم عصبلة	٣,٣١	١٣٦١٦	١٤٠	١
أم مثلة	٨,٣	٣٤٠٢٨	٢٧٧	٠,٨
صعيد	٤,٥	١٧٩٧٣	١٤٠	٠,٨
ساكت سكوت	٣,٥	١٤٠٨٢	١٠٥,٥	٠,٧
حمير	٦,٠	٢٣٦٥٩	٢٠٥,٠	٠,٩
حويط	٧,٧١	٣٠٥٠٢	٢٤٠,٥	٠,٨
البيارية	٢٠,٥	٨١٠٦٠	٧٠٠,٥	٠,٩
الخليل	٢,١	٨٢٥٠	٦٨	٠,٨
لتحي الدولي	١٤,٢	٥٦٦١١	٣٢٧,٥	٠,٦
مكيمن الأيسر	١٣,٧	٥٤٦٢٣	٥٠٣	٠,٩
غزالة	١٦٨,٦	٦٧٩١٢٠	٦٧٤٧	١
الردة	١,٩	٧٦٣٥	٧٣	١
صمغي	١٣٨	٥٦٩٧٣٢	٥٣٦٥	٠,٩
طلعة الخواصة	٣,٥	١٤٤١٩	١٠٦,٥	٠,٧
الصعدة السمرا	٢٥,١	١٠٤٠٠٤	٩٢٢,٥	٠,٩
الصعدة البيضا	١٨,٥	٧٧٤٠٦	٧٠٩	٠,٩
وتير الأدنى	٧٩	١٩٢٠٥٦	٢٥٨٦	١,٣
وادي وتير	**٣٥٩٣**	**١٣٩٥٠٢٧٢**	**١٣٨٤٨٧,٥**	**٠,٩**



شكل (٤-٨) العلاقة بين التبخر والمطر في أحواض الروافد

استثناء تقل بها كمية الأمطار عن كمية المياه التى من الممكن فقدها بالتبخر ، وقد تراوحت كمية الأمطار إلى التبخر بين ٠,٨ – ١,٣٪ وهذا يعنى عدم وجود جريان من الناحية النظرية .

ولكن بسبب تركز المطر فى فترة زمنية قصيرة (قد تكون سويعات معدودة) فإن الفاقد بالتبخر يكون أقل من الأمطار وبالتالي يحدث الجريان الذى قد يكون فى صورة سيول ، وكان الطالب يأمل فى دراسة قيم التبخر الفعلية أثناء فترات سقوط المطر ، ولكن تعذر ذلك بسبب عدم توفر البيانات المناخية .

ولتأكيد حالة الجفاف التى تسود الحوض فقد استخدم الطالب معادلة امبريجبه (Shabana, 1998, P.103-104) لتقدير درجة الجفاف Degree of Aridity وتصاغ هذه المعادلة كما يلي :

$$Q = 100R / (u + m) (u - m)$$

حيث

Q تمثل درجة الجفاف

R " متوسط المطر السنوي

u " متوسط أعلى درجة حرارة لأكثر الشهور حرارة (يوليو)

m " متوسط اقل درجة حرارة لأقل الشهور حرارة (يناير)

وقد بلغت درجة الجفاف فى راس نصرني ١,٦ ، وفى سانت كاترين ٤,٥٣ ، وفى رأس النقب ، ٥,٢ وفى نخل ٤,٨ ، وبلغ المتوسط ٤,٠٣ ، ومن المعروف انه إذا تراوحت القيمة بين صفر – ٢٠ يدل ذلك على سيادة الظروف الصحراوية القاحلة ، وتدل القيم السابقة على أن حوض التصريف يقع تماما فى نطاق المناخ الصحراوي .

ونستطيع أن نخلص إلى أن التبخر ليس هو العامل المحدد للجريان السطحي ، وذلك لأن التفاوت فى كمية التبخر من يوم لآخر وعلى مدار العام ليس كبيرا عند مقارنته بالتذبذب فى كمية التساقط (جاد ، ١٩٧٧ ، ص١١-١٣) هذا بالإضافة إلى أن التبخر يجب قياسه أثناء زمن التساقط فقط حيث يقل التبخر عن التساقط بصفة عامة مما يؤدى إلى حدوث الجريان السطحي ولكن كما سبق وأشرنا فإن عدم توافر البيانات المناخية التفصيلية عن معدل التبخر / ساعة ومعدل المطر / ساعة قد حال دون تحديد القيمة الفعلية للتبخر .

ب – التسرب Infiltration

يقصد بالتسرب Infiltration تغلغل الماء فى مسام الصخر أو فى المسافات البينية بين الصخور من خلال الشقوق والفواصل الموجودة فى الصخر ، وتتباين قدرة الصخر على التسرب

من مكان لآخر وذلك بسبب نوع الصخر وبنيته ودرجة الانحدار ومدى توافر النبات الطبيعي ومدى توافر المحتوى المائي في التربة .

ولا يحدث الجريان إلا بعد أن تتشبع التربة ، وتختلف درجة التشبع من نوع صخري إلى اخر ، ولكن قدر البعض انه لكي يتوفر فائض للجريان السطحي في المفتتات الصخرية الرملية ينبغي أن يبلغ معدل التساقط ٣٠مم / ساعة عقب الساعة الأولى من التساقط (جاد ، ١٩٧٧ ، ص ١٧-١٨) بينما يشير هورتون (Horton , 1945, P.307) إلى قيم أقل من ذلك ، فهو يعتقد انه لكي يحدث جريان لابد أن يزيد التساقط على التسرب وان ذلك لا يحدث إلا إذا كان التساقط يتراوح ٦-٩ مم/ساعة ، وقبل دراسة معدلات التسرب وحجم التسرب على مستوى حوض التصريف وعلى مستوى أحواض الروافد ينبغي الإشارة إلى أهم العوامل التي تؤثر على التسرب في حوض التصريف :

١- نوع التكوينات الجيولوجية :

يتألف سطح المنطقة من مجموعة متباينة من الصخور ، فالصخور النارية تشكل نحو ١١.٨٧٪ من إجمالي مساحة المنطقة ومن المعروف أن الطاقة التسريبية Infiltration Capacity للصخور النارية قليلة أي أن هذا النوع من الصخر لا يسمح بتسرب المياه فيه إلا بكميات قليلة ومن ثم تزيد فرص الجريان السطحي ، أما التكوينات الرسوبية (الحجر الرملي والحجر الجيري) فإنها تغطي مساحة تبلغ ٧٤٪ من إجمالي مساحة المنطقة ، بينما تمثل رواسب الزمن الرابع نحو ١٤.٥٪ من إجمالي مساحة المنطقة .

وقد قام ليوبولد وزملاؤه بتقدير المسامية النسبية Relative Porosity والنفاذية النسبية Relative Permeability للتكوينات السائبة والصخرية (Leopold,et-al, 1964, P.101) ، وجاءت كما يلي :

جدول (٤-٦) القيمة النسبية للمسامية والنفاذية في بعض أنواع الصخور والرواسب*

المسامية Porosity				Permeability			
التكوينات الصخرية		الرواسب المفككة		التكوينات الصخرية		الرواسب المفككة	
نوع الصخر	المسامية %	نوع الو	المسامية %	نوع الصخر	النفاذية %	نوع الو	النفاذية %
الجرانيت	١	الطمي	٤٥	الـ ـارية والمتحو	١	الطمي	١٠
البازلت	١	الصلصال	٤٠	الطفل	٥	الرمل	١١٠٠
الطفل	١٨	الرمل	٣٥	الحجر الجيري	٣٠	الحصى	١٠٠٠٠
الحجر الرملي	١٨	الحصى	٢٥	الحجر الرملي	٥٠٠		
الحجر الجيري	١٠						

* عن (Leopold.et-al, 1964, p.101)

وبناءا على ذلك فان معظم صخور الحوض الرسوبية تتراوح درجة المسامية النسبية لها ما بين ١٠-١٨٪ ، ونحو ١٢٪ من مساحة الحوض فقط تبلغ درجة مساميتها ١٪ وهى تمثل الصخور النارية والمتحولة أما النفاذية فتتباين تباينا كبيرا فعلى حين بلغت نحو ٥٠٠٪ فى صخور الحجر الرملي فإنها تبلغ نحو ٣٠٪ فقط فى صخور الحجر الجيري غير المنفذ .

أما الرواسب المفككة فتصل فيها درجة النفاذية إلى اكثر من ١٠،٠٠٠٪ ولا توجد بحوض التصريف رواسب طمية بصورة كبيرة .

على أننا يجب أن نذكر أن هذه الأرقام ليست صحيحة بدرجة كبيرة وذلك لأن أسطح التكوينات الصخرية عادة ما يكون مغطى بالرواسب المجواه Weathered Materials التى تعمل على زيادة المسامية والنفاذية بصورة أكبر عما لو كان الصخر عاري وخالي من الرواسب ، على أية حال فبغض النظر عن مدى دقة الأرقام السابقة فإنها تعطى مؤشرا عن الاختلافات النسبية للطاقة التسريبية بين الأنواع المختلفة للصخور والرواسب (Leopold, et-al, 1964, P.101) .

وما قد يلفت النظر فى الأرقام السابقة للنفاذية هو شدة التفاوت بين الصخور النارية والمتحولة من جهة والحجر الرملي من جهة أخرى ، وهذا يدعونا للقول بأن إمكانية حدوث جريان سطحي على الصخور النارية والمتحولة يفوق حدوث الجريان على صخور الحجر الرملي بنسبة كبيرة .وذلك فى حالة ثبات بقية العوامل المؤثرة فى الجريان السطحي .

ويبدو أن هناك عوامل أخرى ساعدت على زيادة احتمالية الجريان السطحي فى الصخور النارية والمتحولة عنه فى صخور الحجر الرملي ، فالصخور النارية والمتحولة تتسم بارتفاعها وشدة انحداراتها نتيجة لظروف النشأة وتعمل هذه الانحدارات الشديدة - فى بعض الأحيان تبدو جوانب الوادي الرئيسي فى صورة عمودية - على جرف المفتتات المجواه أولا بأول وبالتالي يصبح السطح خاليا من الرواسب وبالتالي يقل الفاقد بالتسرب ، وعلى الجانب الآخر نجد أن صخور الحجر الرملي تتسم عادة بوجودها فى صورة هضاب وفى صورة طباقية نتيجة لظروف النشأة ومن ثم تكون انحداراتها اقل من نظيرتها الصخور النارية والمتحولة ، ويؤدى ذلك إلى تراكم المفتتات الناتجة عن عملية التجوية والتى تعمل بدورها على زيادة الطاقة التسريبية للحجر الرملي ومن ثم قلة الجريان السطحي .

٢ - البنية Structure

تنتشر بالحوض أعدادا كثيرة من الصدوع والفواصل كما توضحها خريطة البنية الجيولوجية فى شكل (١-١٣) ، ويعتقد الطالب أن تأثير الفواصل Joints أكبر من تأثير الصدوع Faults وذلك بسبب كثرة الفواصل وانتشارها فى كل أنواع الصخور تقريبا ، ولكنها تكثر فى

صخور الحجر الجيري حيث تتسرب المياه خلال هذه الفواصل ، وبالنظر إلى خريطة البنية الجيولوجية يتضح لنا أن الصدوع تنتشر فى كل أنحاء الحوض ولكنها تتركز فى الجزء الشرقي بالقرب من ساحل خليج العقبة وكذلك فى الجزء الجنوبي الغربي من الحوض وخاصة فى المنابع الرئيسية لحوض وادي الزلقة .

٣ - نوع التربة **Soil**

من أهم العوامل المحددة للجريان السطحي حيث أن الجريان لا يحدث إلا إذا حصلت التربة على تصيبها من الماء ، بحسب خصائصها المختلفة ودرجة انحدارها ، وقد أشار (خضر، ١٩٩٧ ،ص ٣٩٨) إلى أن هناك علاقة عكسية بين رطوبة التربة وطاقة التسرب بمعنى أن طاقة التسرب تكون عالية إذا كانت التربة جافة وتخلو من المياه ، والعكس بالعكس ، وذلك بسبب أن جفاف التربة يعمل على تشققها وزيادة المسافات بين جزئيات التربة ومن ثم تزيد كمية المياه المتسربة .

ولا شك أن نوع التربة أيضا يلعب دورا مهما فى تحديد كمية الجريان . وقد أورد جريجوري ووالنج تقديرا للطاقة التسريبية فى أنواع مختلفة من التربة وكانت كما يلي :

جدول(٤-٧) **طاقة التسرب فى بعض أنواع التربة***

نوع التربة	طاقة التسرب مم/ ساعة	Kirkby 1969
طميية لوميه Clay loam	٢,٥ - ٥	٢
صلصالية لوميه Silt loam	٧,٥ - ١٥	غير محددة
لوميه loam	١٢,٥ - ٢٥	١٧
رملية لوميه loamy Sand	٢٥ - ٥٠	٢٨٦

*عن (Gregory . Walling. 1973. P 284) & (Kirkby. in Chorley. 1969. P.219)

ولا شك أن اختلاف الأرقام السابقة إنما يرجع إلى تباين فى الخصائص المكانية التى بنيت عليها هذه التقديرات ، كما أن عمق قطاع التربة وكيفية تصنيف الرواسب بها يلعب دورا مهما فى تحديد طاقة التسرب.

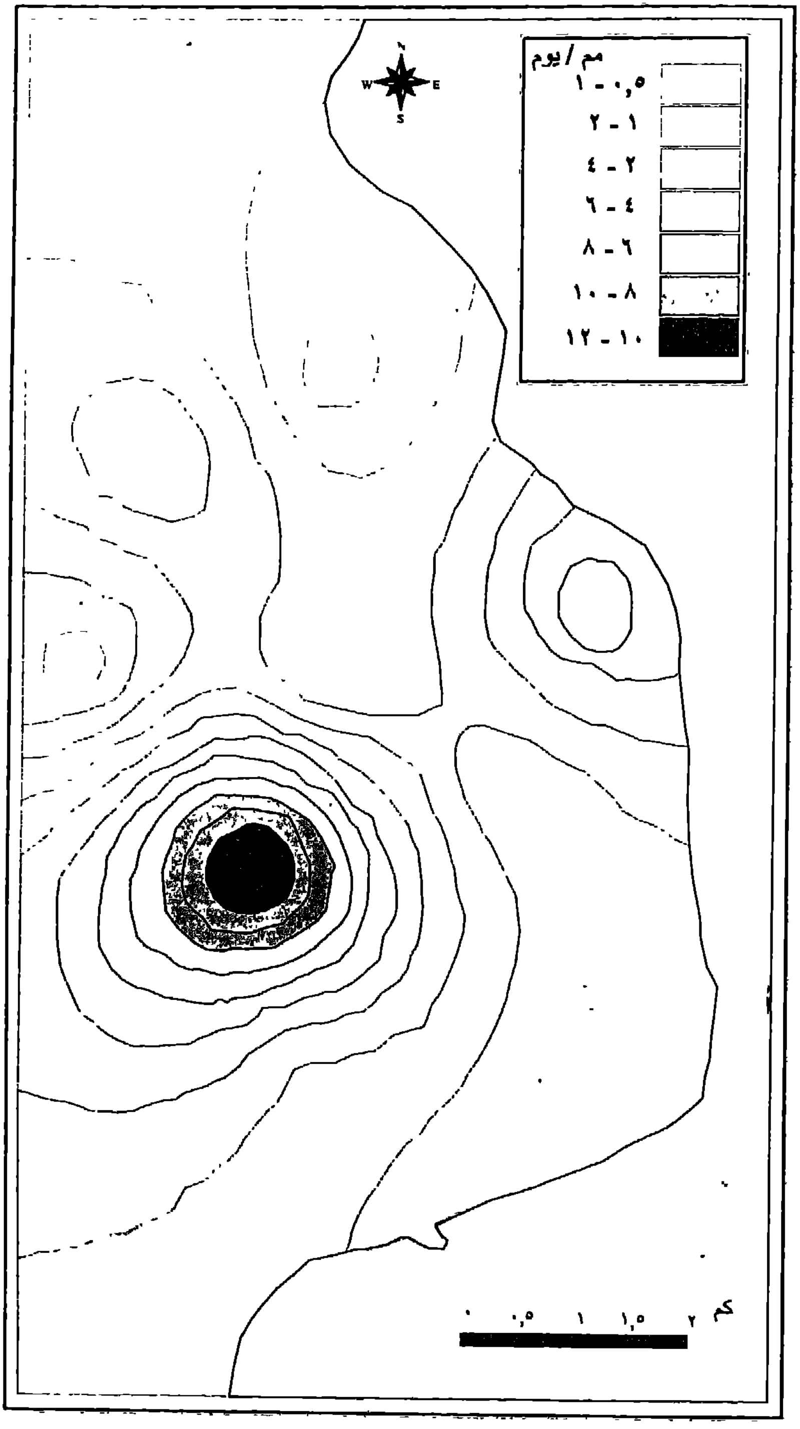
وفى دراسته التفصيلية عن هيدرولوجية حوض وادي وتير استخدم إسماعيل (Ismail, 1998, Pp 69-73) جهاز Infiltrometer لحساب معدلات التسرب على طول الوادي الرئيسي وعلى دلتا الوادي ، وفقد تراوح معدل التسرب بين ٠,٢٣ - ١٣,٨٢ مم/ يوم ، بمتوسط ٣,٤ مم / يوم أى أن إجمالي التسرب السنوي يبلغ ٤٧١٥٠٣٠ متر٣ ، ولتقدير معدلات التسرب

في دلتا وادي وتير وفي المجرى الرئيسي تم أخذ بعض العينات (Ismail, 1998, P.78) وجـاءت النتائج كما يوضحها جدول (٤-٨) وشكل (٤-٩) كما يلي :

جدول (٤-٨) **معدلات التسرب فى بعض المواقع المختارة**

رقم العينة	موقع العينة	نوع التربة	معدل التسرب مم/يوم	تصنيف معدل التسرب طبقا لـ kohnke
١	دلتا وادي وتير	رواسب بطون الأودية	٢,٩٦	سريع نسبيا
٢	دلتا وادي وتير	طمية رملية	٠,٢٣	بطئ نسبيا
٣	دلتا وادي وتير	طمية رملية	٠,٣٣	سريع نسبيا
٤	دلتا وادي وتير	رواسب بطون الأودية	١,٦٦	سريع نسبيا
٥	دلتا وادي وتير	لوميه رملية	٥,٢٩	سريع
٦	دلتا وادي وتير	لوميه رملية	٤,٢٤	سريع
٧	دلتا وادي وتير	رملية (خشنة إلى متوسطة)	٦,٦٧	سريع جدا
٨	دلتا وادي وتير	رملية (خشنة إلى متوسطة)	١٣,٨٢	سريع جدا
٩	دلتا وادي وتير	رواسب بطون الأودية	٢,٥	سريع نسبيا
١٠	على مسافة ٧,٥ من مخرج الوادي الرئيسي	لوميه رملية	٤,٦٦	سريع
١١	دلتا وتير	رواسب بطون الأودية	٢,٠١	سريع نسبيا
١٢	المجرى الرئيسي بالقرب من عين الفرتاجة	طمية رملية	٠,٢٦	بطئ نسبيا
١٣	على مسافة ١ كم من المخرج	رملية (خشنة إلى متوسطة)	٨,١٩	سريع جدا
١٤	الشيخ عطية (المجرى الرئيسي)	طمية رملية	٠,٢٧	بطئ نسبيا
١٥	دلتا وادي وتير	لوميه رملية	٣,٧	سريع
١٦	دلتا وادي وتير	رواسب بطون الأودية	١,٨	سريع نسبيا
١٧	مصب وادي الخيط	رواسب بطون الأودية	٢,٥٣	سريع نسبيا
	المتوسط	طمية رملية	٣,٤	سريع

تراوح معدل التسرب فوق دلتا وتير ما بين ١-١٢ مم / يـوم ويرجـع انخفـاض معـدل التسرب بالاتجاه صوب البحر بسب قلة أحجام الرواسب واختلاطها بالرواسب البحرية إلى جانب



شكل (٤-٩) معدل التسرب اليومي في دلتا وادي وتير

ارتفاع منسوب الماء الجوفي ، كما ترجع زيادة معدل التسرب عند قمة الدلتا إلى طبيعـــة تصنيـف الرواسب في المروحة الفيضية حيث تتركز الرواسب الخشنة عند القمة وبالتالي تتســـع المســافات البينية بين الرواسب ومن ثم تزيد معدلات التسرب ، وقد لوحظ على جميع العينات المأخوذة ارتفــاع معدلات التسرب في بداية التساقط ، إذ تصل في بعض الأحيان إلى نحو ٢,٤ مم / دقيقة ثم لا تلبـث أن تنخفض بعد حوالي ٣٠ دقيقة من بداية التساقط ، وعلى الرغم مـــن أن الدراســـة الســابقة قـد اعتمدت على العينات الحقلية ، إلا انه يصعب الاعتماد عليها عند تقدير معــــدلات التســـرب علـــى مستوى حوض التصريف ككل وذلك لأنها لم تغطي حوض التصريف بأكمله .

معدلات التسرب طبقا لطريقة Waltz

في محاولة لتقدير معدلات التسرب في حوض التصريف وروافده اعتمد الطالب علـــى مـــا أورده والتز (Waltz, in Chorley, 1974, P.260) عن طاقة التسرب في الصخور والمفتتــــات، وتم تطبيق هذه الطريقة على الصخور والرواسب بحوض التصريف وجاءت النتائج كما يلي :

جدول (٤-٩) التسرب اليومي والسنوي في حوض وادي وتير حسب الرواسب السطحية*

اسم التكوينات أو الرواسب	نوع الرواسب	المساحة التي تغطيها (كم٢)	معدل التسرب جالون/يوم/قدم٢	التسرب اليومي ألف متر٣	إجمالي التسرب السنوي ألف متر٣
رواسب الأودية	حصى- رمل	٤١٩	٠,٠١	٢٠٤٣	٧٤٥٧٠٤,٩
تكوينات وتير	طمي - رمال ناعمة	٠,٠٠٠٨	٠,٠٠١	٠,٠٠٠٠٣٩	٠,٠١٤٢
رواسب الحمادة	حصى خشن - رمل	٦٧,٦	١٠	٣٢٩٦١	١٢٠٣٠٩٤٣,٧
رواسب المراوح الفيضية	حصى - رمل -دماليك	٣٣,٦٥	١٠٠	١٦٤٠٧٦	٥٩٨٨٧٧٧٥٩,٧
تكوينات المقطم	حجر جيري	٤,١٣	٠,٠٠٠١	٠,٠٢٠١	٧,٣٥
تكوينات العجمة	حجر جيري	٣٥,٥١	٠,٠٠٠١	٠,١٧٣	٦,١٩
طين اسناء	طفل	٢٢,٢٠	٠,٠٠٠٠٠٠١	٠,٠٠٠١٠٨	٠,٠٣٩٥
سدر	حجر جيري	١١٤,٩١	٠,٠٠٠١	٠,٥٦٠٢	٢٠٤,٥٠٨
ضوي	حجر جيري	٢٩٠,١	٠,٠٠٠١	١,٤١٤	٥١٦,٢٩٨
مطلة	حجر جيري - حجر صلصالي	٤٦٠,٤	٠,٠٠٠٠١	٠,٢٢٤٤	٨١,٩٣٨
وطا	حجر جيري	٨٦١,٣٨	٠,٠٠٠١	٤,٢	١٥٣٣,٠١٩
جلالة	حجر جيري	٣٠٧,٢	٠,٠٠٠١	١,٤٦٦	٥٣٥,١٣١
مالحة	حجر جيري	١١٣,٨٨	٠,٠٠٠١	٠,٥٥٥٢٧	٢٠٢,٦٧٥
رقبة	حجر رملي	١٦٣,٥٦	٠,٠٠١	٧,٩٧	٢٩١٠,٩١
ناقوس	حجر رملي	٩٠,٦١	٠,٠٠١	٤,٤١٨	١٦١٢,٦٠٩
عربة	حجر رملي	١٩٨	٠,٠٠١	٩,٦٥	٣٥٢٢,٨٥٦
جرانيت كاترين	جرانيت	٢٠٣,٣	٠,٠٠٠٠٠٠٠١	٠,٠٠١٤٧	٠,٥٣٩٧٩
جرانيت رحبة	جرانيت	٤٦,٣	٠,٠٠٠٠٠٠٠١	٠,٠٠٠٢٢٥	٠,٠٨٢٤٠
ديوريت	ديوريت	٧١,٤	٠,٠٠٠٠٠٠٠١	٠,٠٠٠٣٤٨	٠,١٢٧٠٧
ميتا ديوريت	ديوريت	٨,١٢	٠,٠٠٠٠٠٠٠١	٠,٠٠٠٠٣٩	٠,٠١٤٢
المتوسط أو الإجمالي		٣٥٩٥	٥,٥٠٠٧	١٩٩١١١,٢٣	٧٢٦٧٥٦٠٠,٦٨

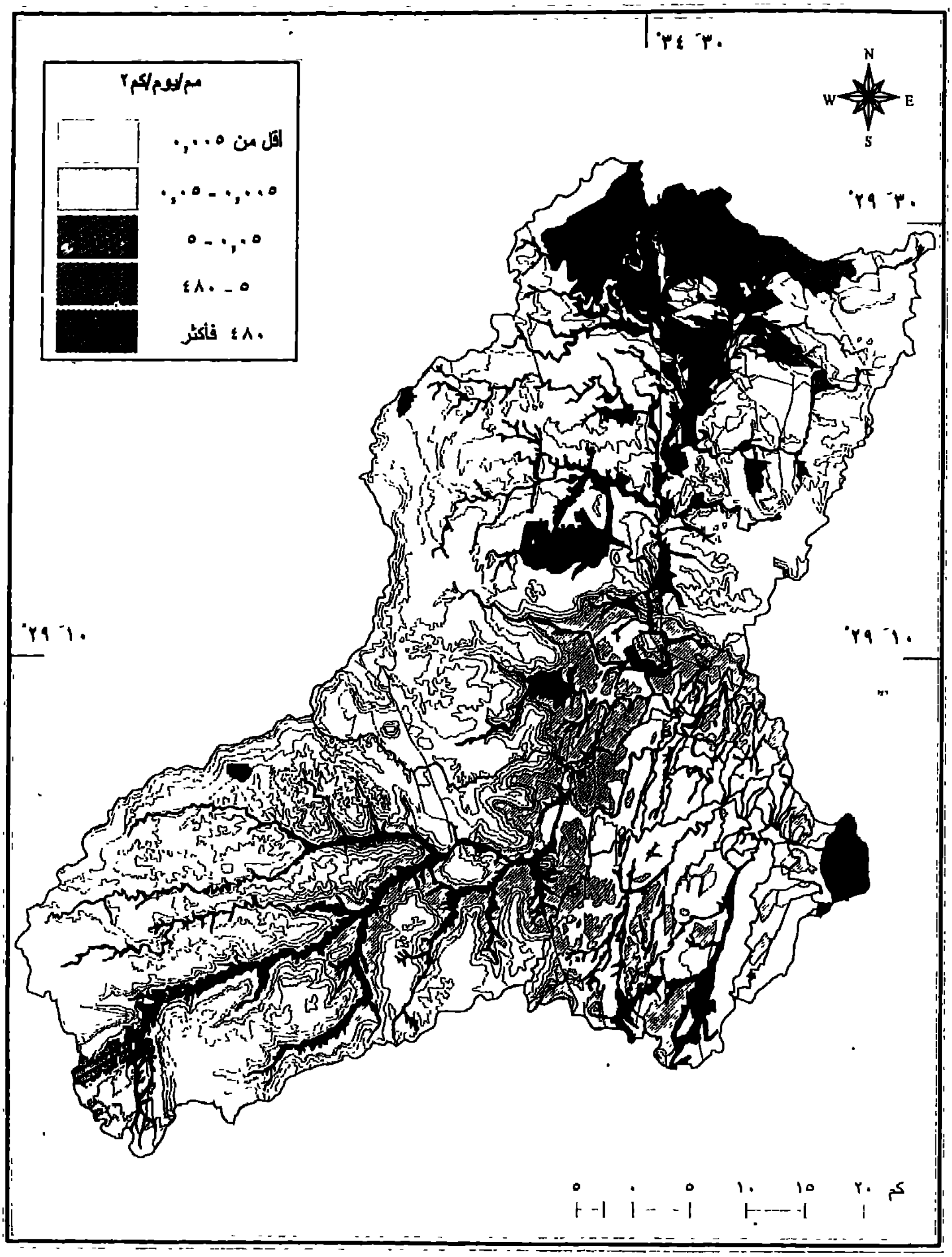
* اعتمادا على معدلات التسرب عن (Waltz,In Chorley,1979,p.260)

ومن خلال الجدول (٤-٩) يتضح ما يلي :

- بلغ إجمالي ما يمكن أن يفقده حوض التصريف يوميا نحو ١٩٩ مليون متر٣ في حين أن إجمالي المطر السنوي الساقط على حوض التصريف يبلغ نحو ١٣٨ مليون متر٣ وهذا يعني أن مقدار ما يمكن أن يتسرب خلال يوم واحد فقط يعادل ما يسقط على حوض التصريف في عام كامل بل ويزيد ، ويؤكد ذلك ما أشار إليه جراف (Graf, 1988, P.94) من أن الفواقد في أودية المناطق الجافة وشبه الجافة تكون كبيرة جدا وتؤثر على كمية المياه المنصرفة إلى نقطة المصب وكذلك على قمة الفيضان Flood Peak ، وفي أحيان كثيرة تكون الفواقد أكبر من التساقط وبالتالي لا يحدث جريان سطحي ..
- كذلك فقد بلغ إجمالي الفاقد بالتسرب السنوي نحو ٧٢ مليار متر٣ ، في حين كان إجمالي الفاقد بالتبخر نحو ١٣,٩ مليار متر٣ سنويا ، أي أن إجمالي ما يمكن أن يفقده الحوض سنويا يبلغ نحو ٨٥,٩ مليار متر٣ ، وهذه كمية كبيرة جدا تشير إلى حالة الجفاف التي تسود حوض التصريف .
- بلغ إجمالي التكوينات النارية نحو ١٤٪ من إجمالي مساحة الحوض ومعظم هذه الصخور يتألف من الجرانيت والديوريت والنايس وبعض التكوينات الأخرى ، وهذه الصخور تقل بها المسامية والنفاذية ولذلك فهي لا تسمح بتسرب المياه إلا بصورة محدودة وخاصة في المناطق التي تنتشر بها الرواسب المجواه خاصة في بطون الأودية التي تجري فوق هذا النوع من الصخور ، وتبلغ كمية المياه المتسربة من التكوينات النارية نحو ٧٦٣ متر٣ سنويا وهي كمية قليلة جدا ، ولكن ذلك يرجع إلى طبيعة التكوينات النارية التي توجد في صورة كتلية وتقل بها المسام وكذلك النفاذية ، كما أن الانحدارات الشديدة التي تتسم بها هذه الصخور تؤدي إلى تقليل الفاقد بالتسرب إذ لا تستقر مياه الأمطار فوق السطح لفترة طويلة ومن ثم تقل فرصة التسرب .
- أما المناطق التي تشغلها صخور الحجر الرملي فتبلغ نحو ١٢,٢٥ ٪ من إجمالي مساحة المنطقة ، ومن المعروف أن صخور الحجر الرملي تكثر بها المسام وبالتالي ترتفع بها معدلات التسرب ، وتنتشر هذه التكوينات في وسط حوض التصريف وتحدها التكوينات النارية من الجنوب والجيرية من الشمال ، وهذه التكوينات تمثلها تكوينات (عربة - ناقوس- رقبة) -انظر إلى الخريطة الجيولوجية شكل(١-١) - وقد بلغ إجمالي الفاقد السنوي نحو ٨ مليار متر٣/سنويا أو نحو ٠,٠١ ٪ من إجمالي الفواقد بالتسرب السنوي ، وربما تكون المياه المتسربة أكبر من تلك الكمية ويرجع ذلك إلى أن الصخور الرملية تتعرض للتفتت - بفعل عملية التجوية - بصورة أسرع كما أنها ليست ذات انحدارات شديدة كسابقتها ، وبالتالي تتاح الفرصة لتكوين غطاء رسوبي من هذه

المفتتات ، كما أن المياه تستقر فوق السطح لفترة أطول ومن ثم تكون الفرصة مهيأة لزيادة الفاقد بالتسرب.

- تمثل المناطق التى تشغلها الصخور الجيرية نحو ٦٠٪ من إجمالي مساحة المنطقة وعلى الرغم من أن معدلات التسرب فى صخور الحجر الجيري تقل عن مثيلتها فى صخور الحجر الرملي ، إذ يتميز الحجر الجيري بقلة المسامية وزيادة النفاذية نتيجة لانتشار الفواصل به ، على الرغم من ذلك فقد بلغ جملة ما يفقد فى المناطق التي تشغلها هذه الصخور نحو ٤٣٢٦ متر٣ / سنويا و هى كمية قليلة لا تمثل سوى ٠,٠٠٤ ٪ من إجمالي الفاقد السنوي بالتسرب ، وتنتشر هذه التكوينات فى معظم أنحاء الحوض تقريبا و لا تختفي إلا فى الجزء الجنوبي الذي تهيمن عليه التكوينات النارية ، ويعتقد الطالب بأن معدلات التسرب وكميتها ربما تزيد عن القيم التي تم الحصول عليها ويرجع ذلك إلى أن أسطح المناطق التي تغطيها صخور الحجر الجيري تنتشر بها الرواسب السطحية المفككة Unconsolidated Materials التي يزيد بها معدل التسرب وتنتشر بها معظم آبار المياه الجوفية الموجودة بالمنطقة ، على أن حساب معدلات التسرب الفعلية فى هذه المنطقة يحتاج إلى الكثير من القياسات الميدانية .
- على الرغم من أن الأجزاء التي تغطيها رواسب الأودية ورواسب المراوح وباقي رواسب الزمن الرابع لا تشكل سوى نحو ١٤٪ من إجمالي مساحة الحوض ، فان هذه المناطق من أكثر الأجزاء تسربا للمياه نتيجة لسمك الغطاء الرسوبي وزيادة المسافات البينية بين المفتتات ذات الأحجام المختلفة ومن ثم فقد قرر والتز (Waltz, in Chorley, 1969, p.260) أن معدل التسرب لهذه الرواسب يبلغ ما بين ٠,٠٠١ – ١٠٠ جالون / يوميا / قدم٢ ، وقد قدرت جملة المياه السنوية المتسربة من هذه التكوينات بنحو ٩٩٪ من إجمالي الفاقد بالتسرب ، وهذا يؤكد مدى خطورة هذا الوادي بمعنى أن معظم المياه التى تسقط على الحوض تستطيع أن تصل الى مجاريها قبل أن تفقد جزءا يسيرا فوق الصخور الأصلية ، ولكن ما أن تصل هذه المياه الى مجاريها حتى تفقد جزءا كبيرا من مياهها ، ولكننا يجب أن نأخذ فى الاعتبار أن هذا الجزء المفقود يكون قليلا عند مقارنته بتركز المطر فى سويعات معدودة تؤدى الى جريان المياه صوب مجارى الأودية بسرعة ودون فاقد كبير ، ثم تفقد جزءا منها خلال المجرى ، ولكن على الرغم من ذلك يحدث الجريان الذى تختلف كميته ومدى استمراريته على حجم العاصفة المطرية ، ومن خلال شكل (٤-١٠) يتضح لنا أكثر الأجزاء فقدا للماء بالتسرب تلك التي تمثل مجارى الأودية ويصل إجمالي التسرب اليومي لأكثر من ٥ مليون متر ٣ يوميا ، وتتمثل هذه المناطق فى الأجزاء الشمالية من المنطقة حيث تنتشر الرواسب السطحية المفككة كما تقل درجة الانحدار ويكاد يصل السطح إلى



شكل (٤-١٠) التسرب اليومي في حوض وادي وتير طبقا لنوع الصخر

الاستواء ومن ثم فان المياه لا تجد منفذا سوى أن تتبخر أو تتسرب ويذهب القليل منها إلى المجرى الرئيسي ، ولذلك تتركز فى هذا الجزء المشاريع الزراعية كما سنرى لاحقاً ، كذلك تعد دلتا وتير من اكثر مناطق الحوض تسريبا للمياه ويرجع ذلك كما أشرنا إلى نوعية الرواسب التى تغطيها والتى تتمثل فى رواسب الحصى والرمال والسلت .

- وباستخدام تقنية نظم المعلومات الجغرافية قام الطالب بحساب كمية المياه المتسربة يوميا لكل حوض من أحواض الروافد ، شكل (٤-١١) ويتضح من الشكل ما يلي : -

١ - معظم أحواض الروافد تقل بها كمية الفاقد اليومي عن مليون متر٣ يوميا ومعظمها من الأحواض صغيرة المساحة التى يقل بها أعداد المجارى وبالتالي تقل بها رواسب بطون الأودية ومن ثم تقل كمية المتسربة ، كما أن أغلب هذه الأودية تجرى فوق الصخور النارية ذات الانحدارات الشديدة والتي تتسم بقلة معدلات التسرب بها .

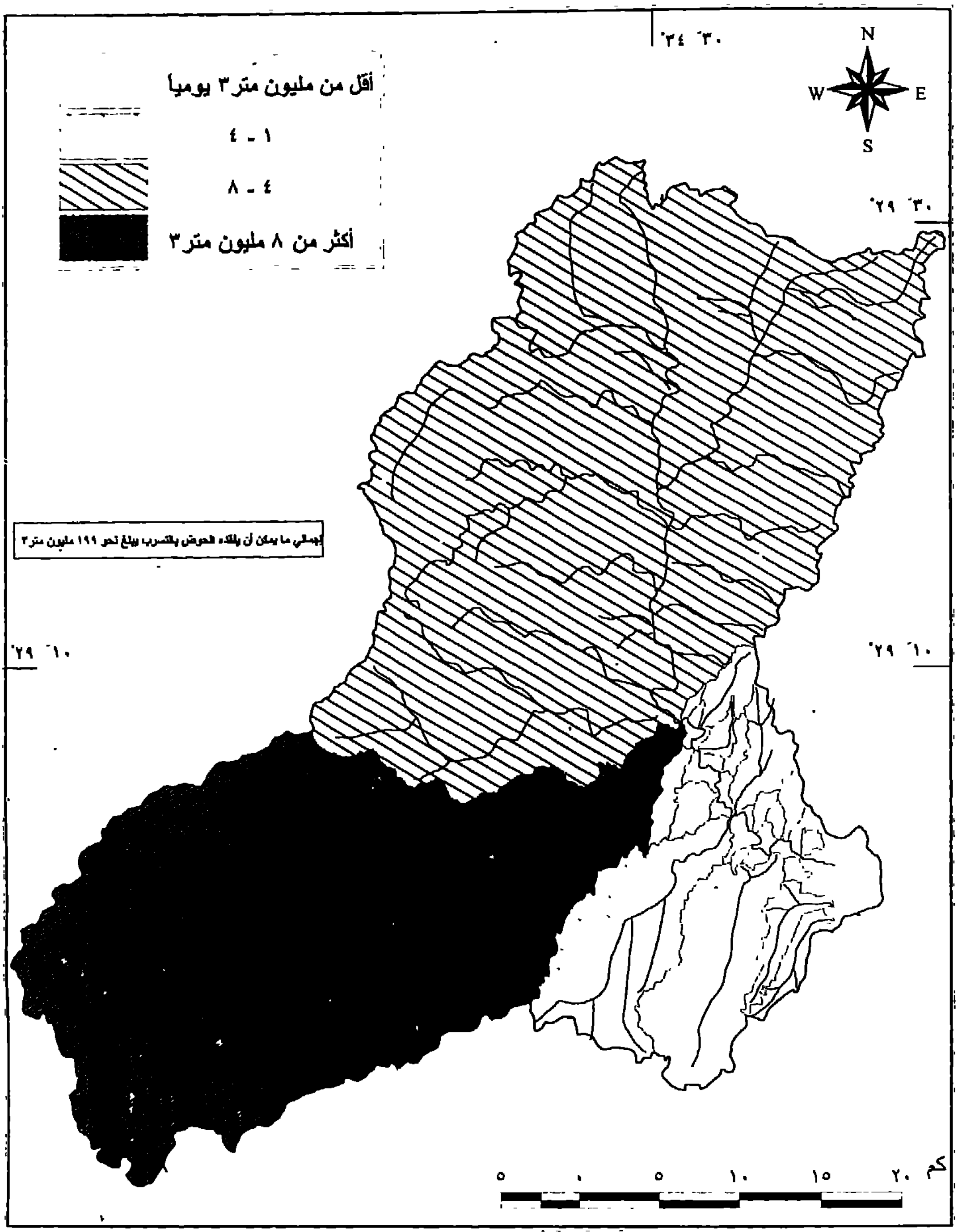
٢ - تضم الفئة الثانية وادي غزالة ، في حين تضم الفئة الثالثة وادي وتير الأعلى .

٣ - أما الفئة الأخيرة فتضم وادي الزلقة ، وهذا الأمر يشير لنا إلى أن الأودية الرئيسية الكبيرة ليست ذات مصدر خطر من جراء السيول إذ أن معظم مياهها تفقد قبل أن تصل إلى المصب ، ولكن الأودية الصغيرة القصيرة هى التى تمثل خطرا داهما إذ تقل بها المياه المتسربة كما تتدفع المياه بسرعة نحو مصباتها نتيجة لقصرها وشدة انحداراتها .

٤ - يلاحظ أن وادي الزلقة أكثر الأودية التي ترتفع بها معدلات التسرب ويعزى ذلك إلى طبيعة التكوينات الجيولوجية إذ يتألف معظم سطح الوادي من صخور الحجر الجيري التي تنتشر بها الفواصل وتتسم بنفاذيتها العالية ، وعلى الجانب الأخر نجد أن وادي وتير الأعلى أقل تسريبا للمياه مقارنة بوادي الزلقة ويرجع ذلك نتيجة لتأثير الروافد الشرقية لوادي وتير الأعلى والتي يتألف سطحها من الصخور النارية التي تتسم بقلة معدلات التسرب بها .

وتعتبر قيم تقدير التسرب السابقة قيم تقديرية وذلك لأن دراسة هذه القيم يحتاج إلى الكثير من القياسات الميدانية التي يصعب عملها ، كذلك ينبغي الاعتماد على كمية التسرب الفعلية التي تحدث خلال سقوط المطر ، إذ أن معدلات التسرب تختلف في بداية سقوط المطر عنه في نهاية العاصفة المطيرة ، ولكن القيم والمعدلات السابقة تعتبر مؤشرا بالغ الأهمية يشير إلى أن مقدار الأمطار السلوية يقل بكثير عن كمية الفواقد سواء بالتبخر أو بالتسرب .

ويشير هورتون (Horton , 1945, P. 307) إلى أن طاقة التسرب لا تكون ثابتة ولكنها تبدأ بقيم مرتفعة ثم تأخذ فى التناقص السريع ، وبعد حوالي ٠,٥ - ٣ ساعة تصل إلى قيمة ثابتة ، وقد عبر هورتون عن العلاقة بين طاقة التسرب وزمن استمرار المطر فى العلاقة التالية :



شكل (٤-١١)

كمية التسرب اليومي في حوض وادي وتير وروافده

$$f = f_c + (f_0 - f_c)e^{-kft}$$

حيث

f تمثل طاقة التسرب.
f_c " معدل التسرب الثابت
f_0 " أقصى معدل تسرب
e " القاعدة اللوغاريتمية
t " زمن العاصفة المطرية / ساعة
kf " معامل تقريبي

ويضيف هورتون بان طاقة التسرب تبلغ نحو ٢,١٤ بوصة / ساعة في بداية العاصفة المطيرة ثم تتناقص لتصل إلى ٠,٢٦ بوصة / ساعة بعد ساعتين فقط من بدء هطول الأمطار ، وأضاف هورتون بان قيمة التسرب الثابتة القليلة التى تسود فى أغلب العواصف المطيرة تعمل على حدوث الفيضانات .

ثالثا : الجريان السطحي

تعد دراسة الجريان فى الأودية الجافة من الأمور المعقدة جدا وذلك نظرا لعدم توفر البيانات التفصيلية عن كمية الأمطار وتركزها ولذلك فسوف نحاول حساب معدل الجريان وكمية التصرف في الأحواض التي لا توجد بها محطات مناخية من خلال بعض المعادلات الرياضية ، ولتحديد الجريان السطحي وكميته فى حوض وادي وتير يجدر بنا دراسة بعض المعاملات المورفومترية المهمة المحددة للجريان السطحي وهى :-

١ - زمن التركيز : Time of Concentration

وهو من المعاملات المهمة عند دراسة الظروف الهيدرولوجية لأي حوض من الأحواض ، ويقصد به الفترة الزمنية التي بعدها يكون معدل الجريان السطحي مساويا لأي زيادة فى معدل التساقط ويمكن حسابه من خلال العلاقة التالية(١):

$$T_c = 0.0\,195 * L^{0.77} * S^{-0.385}$$

حيث :

(١) شبكة المعلومات العالمية (internet) الموقع التالي :

http:// www. Itc.nl/ituis /dev / applic/ app//. Htm.

T_L يمثل زمن التركيز (ساعة) .

L يمثل طول المجرى الرئيسي (متر).

S تمثل معدل الانحدار (متر/متر).

وتفيد دراسة زمن التركيز فى معرفة الوقت الذي يتوافر خلاله قدر من مياه الأمطار تكون مساوية لمقدار الجريان الناشئ ، وكلما زادت هذه الفترة الزمنية دل ذلك على أن حوض التصريف يتسم بمعدلات خطورة منخفضة والعكس صحيح ، فالأحواض التي تسجل زمن تركيز منخفض تتميز باحتمالية خطورة مرتفعة نتيجة لوصول كميات كبيرة من المياه إلى المجارى النهرية بعد وقت قصير من سقوط الأمطار ، وإذا كان هذا المعامل قد أخذ في الاعتبار عامل انحدار الحوض فانه لم يأخذ فى اعتباره نوع الرواسب التي يتألف منها سطح الحوض ، كما يجب الأخذ في الاعتبار أن هذا المعامل يعتبر أن كمية الأمطار الساقطة على حوض التصريف متساوية وهو ما لا يتحقق فى كثير من الأحيان فقد تغطى العاصفة المطيرة جزءا صغيرا من الحوض ، ففي كثير من الأحيان تغطي العاصفة المطيرة مساحة لا تتعدى بضعة كيلومترات وبالتالي لا يحدث الجريان سوى في منطقة محدودة من حوض التصريف ، (Graf, 1988. Pp.71-72) ، كذلك فقد أغفل هذا المعامل معدل التساقط فى كل عاصفة مطيرة .

ولكن على أية حال فإن زمن التركيز يعد من المعاملات المهمة عند دراسة هيدرولوجية حوض التصريف .

وقد بلغ زمن التركيز لحوض وادى وتير نحو ٨ ساعات أى أن حوض التصريف يحتاج نحو ٨ ساعات من بداية العاصفة المطيرة حتى يصبح الجريان مساويا لأى زيادة فى كمية الأمطار الساقطة ، وتسقط الأمطار على وادي وتير فى صورة موجات سيلية متتالية قد تستمر سويعات معدودة او قد تستمر لعدة أيام كما حدث فى سيل أكتوبر ١٩٨٧ إذ بلغ متوسط سرعة المياه ٢٠ متر / ثانية (الهيئة القومية للاستشعار عن بعد ، ١٩٩٩، ص ٢٩) كما بلغت كمية التصريف ٤٥ مليون متر٣ /ساعة .

وقد استمر هذا السيل لمدة ٥٨ ساعة خلال الفترة من ١٦ - ١٩ أكتوبر ١٩٨٧ .

وقد تدفقت المياه إلى مجرى الوادي الرئيسي بعد ٣ ساعات فقط من بداية سقوط الأمطار ، وقد حدثت مجموعة أخري من السيول فى الفترات اللاحقة[١]

وقد بلغ متوسط زمن التركيز لأحواض الروافد نحو ٩١ دقيقة فقط ، جدول (٤-١٠) ، وهذا يعنى أن بداية الخطورة تبدأ عند مصبات الروافد ثم ما تلبث أن تتجمع المياه فى المجرى

---

(١) قامت دراسة (موسى ، عواد حامد ٢٠٠٠) بدراسة السيول دراسة تفصيلية في خليج العقبة ووادي وتير

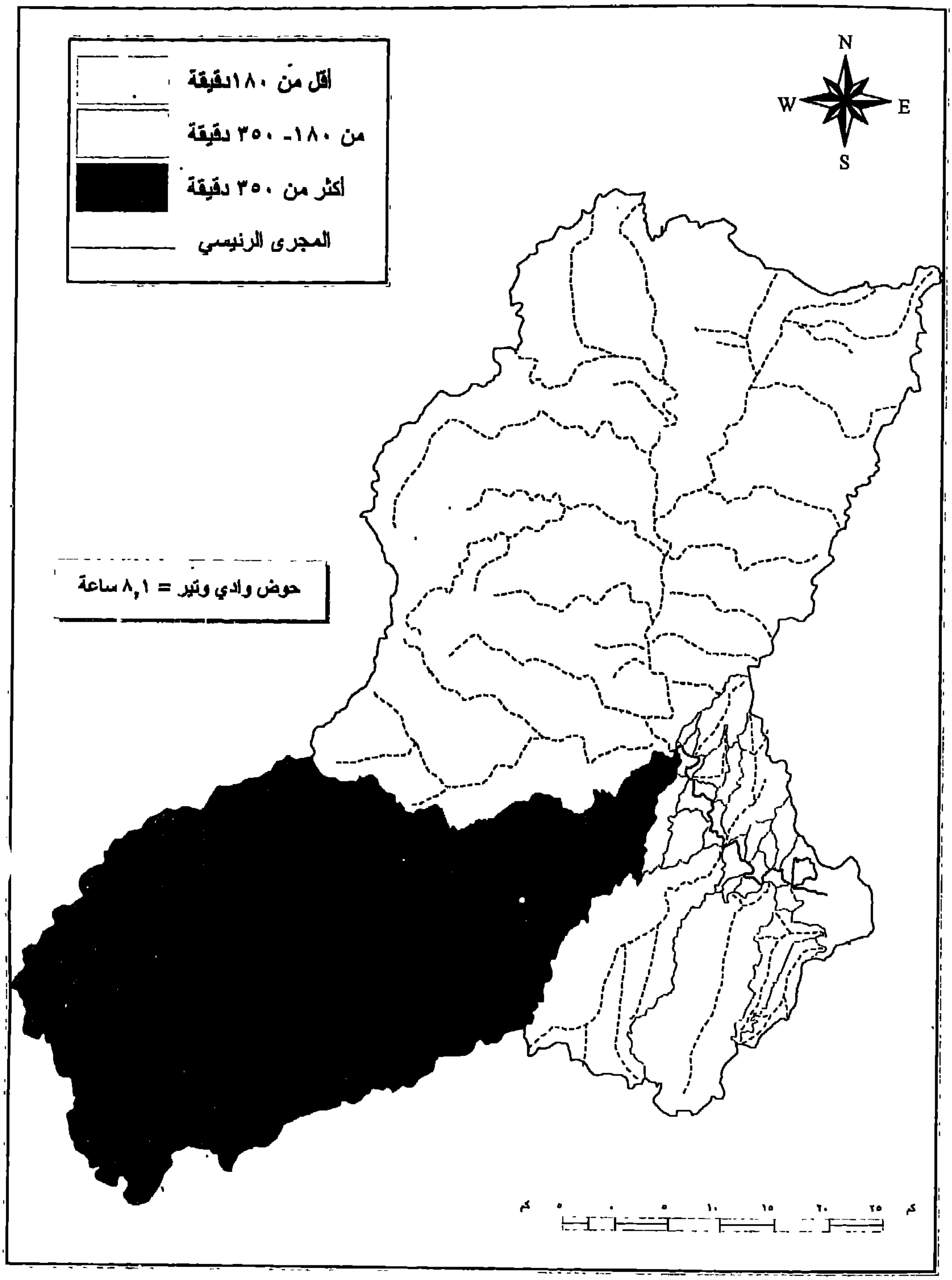
الرئيسي وخاصة فى الجزء الأدنى من المجرى الذى يتسم بضيقه وارتفاع جوانبه ويؤدي ذلك إلى حدوث كوارث بشرية واقتصادية كبيرة ، ومن الممكن تقسيم أحواض الرّوافد بحسب أزمنة تركيزها كما يلي :-

جدول (٤-١٠) **أزمنة التركيز لحوض وادي وتير وروافده**

الوادي	زمن التركيز		الوادي	زمن التركيز	
	دقيقة	ساعة		دقيقة	ساعة
نخيل	٨٠	١,٣٤	الزلقة	٥١٤	٨,٦
أم عصبلة	١٣	٠,٢٢	لتحي الدوني	٦٥	١,١١
أم مثلة	٣٧	٠,٦٢	مكيمن الأيسر	٤٤	٠,٧٣
صعيد	٢٤	٠,٤٠	غزالة	١٢٧	٢,١
ساكت سكوت	١٩	٠,٣٢	الردة	١٠	٠,١٧
حمير	٣٩	٠,٦٥٢	صمغي	١٠٩	١,٨
حويط	٥٩	١,٠	طلعة الخواصة	١١	٠,١٨
البيارية	٥٣	٠,٩٠	الصعدة السمرا	٨٨	١,٥
الخليل	١٩	٠,٣١	الصعدة البيضا	٧١	١,٢
وتير الأعلى	٢٣٧,٥	٣,٩٦	وتير	٤٨٧	٨,١
وتير الأدنى	٢٢٧,٥	٣,٧٩	الانحراف المعياري	٩٧	
معامل الاختلاف			١٠٠,٤٦		

أ- أحواض يقل زمن تركيزها عن ١٨٠ دقيقة

وتشمل هذه الفئة ١٧ رافدا من روافد الحوض الرئيسي ، شكل (٤-١٢) ، ويبلغ المتوسط العام لهذه الفئة نحو ٥٠,٤ دقيقة ، اى ان اكثر من نصف عدد الروافد تجرى بها مياه مساوية لكمية الأمطار الساقطة بعد حوالي أقل من ساعة واحد فقط ، إلا أن هذه الروافد تتسم بصغر مساحتها وقلة أطوال مجاريها - باستثناء واديي صمغي وغزالة - وبالتالي قلة إجمالي التصرف من هذه الروافد ، **وبناءا على ذلك فإن هذه الأودية تمثل مصدر خطورة عند مجاريها ولمنطقة محدودة فقط** ، ومن أهم الأودية التى تقع فى هذه الفئة أودية أم مثله وصعيد وساكت سكوت وحمير وحويط والخليل ، وأغلب هذه الروافد يقع الى الشرق من المجرى الرئيسي ، وهذه الأودية لم تسجل عليها سيول هادرة مثل التى تحدث على أودية الجانب الغربي التي تتسم بكبر مساحتها وبالتالى تلقيها



شكل (٤-١٢) أزمنة التركيز لحوض وادي وتير وروافده

لكميات كبيرة من الأمطار تعمل على زيادة إجمالي التصرف ، كما تتسم هذه الأودية بجريانها فوق صخور الأساس التي تتميز بارتفاعها وشدة انحداراتها

ب- أحواض يتراوح زمن تركيزها بين ٦٠ -١٢٠ دقيقة

وتضم هذه الفئة سبعة أحواض هي نخيل ، سعدى ، أبو علاقة ، لتحي الدوني ، صمغي ، الصعدة السمرا ، الصعدة البيضا ، ويصل المتوسط العام لهذه الفئة نحو ٨٥ دقيقة ، وتعد هذه الفئة متوسط الخطورة .

ج- أحواض الروافد التى يبلغ زمن تركيزها اكثر من ١٢٠ دقيقة

وتضم هذه الفئة وادي وتير الأعلى ووتير الأدنى إذ بلغ زمن التركيز ٢٣٧ ، ٢٢٧ دقيقة للحوضين السابقين على التوالي ، وكان من الطبيعي أن ينضم حوض وتير الأدنى لهذه الفئة نتيجة لشدة انحداره في الجزء الأدنى منه وضيق المجرى لأقل من ١٢ مترا ، بينما جاء وجود وادي وتير الأعلى في هذه الفئة - على الرغم من اتساعه وكبر مساحته - لوجود بعض الارتفاعات في الجزء الشرقي من الحوض عملت على زيادة المدى التضاريسي . وهذه الأودية هي مصدر السيول الرئيسي فى حوض وادي وتير خاصة وأنها تمتد إلى الأجزاء المرتفعة فى وسط جنوب سيناء حيث المناطق المرتفعة والتي تتلقى كميات كبيرة من المياه - كما سبق وتبين عند دراسة الأمطار .

٢ - زمن التباطؤ : Lag Time

ويقصد به الفترة الزمنية المحصورة بين بداية سقوط الأمطار وحتى يبدأ الجريان في الحدوث (صالح، ١٩٨٩ ، ص٢٧) ، وتفيد دراسة هذا المعامل فى معرفة الفترة الزمنية الأولية التى يصل خلالها معدل التسرب إلى أعلى معدل له ، ولأن الفاقد بالتسرب والتبخر يختلف من عاصفة مطيرة إلى أخرى فان زمن التباطؤ قد يختلف وبالتالي قد توجد بعض الأخطاء فى حسابه . (Kenneth, 1972, P.15-24) .

وهناك معادلات كثيرة لاستخراج قيمة زمن التباطؤ نذكر منها :-

$$tlag = 2.587*L^{0.8}\{(1000/cn)-9\}^{0.7}/(1900*H^{0.5})$$

(Soil Conservation Services, 1972)

حيث

tlag تمثل زمن التباطؤ (ساعة)

L تمثل طول حوض التصريف (متر)

H تمثل نسبة الانحدار (٪)

cn معامل ثابت يتم حسابه تبعا لنوع الغطاء النباتي فى الحوض حيث :

نوع الغطاء النباتي	قيمة cn
نباتات صحراوية	$85.75x^{-0.0087}$
حشائش	$88.00x^{-0.0085}$
حشائش وشجيرات	$86.74x0.^{-0.008}$
X تمثل مساحة حوض التصريف بالهكتار[١]	

وكذلك معادلة هيتشوك (Hichock,et-al,1959,p.610, ، نقلا عن خضر، ١٩٩٧،ص ٣٦٠)

$$T_e = K_1 (A^{0.3}) / (S_a/(D_d)$$

حيث :

T_e تمثل زمن التباطؤ .

A تمثل مساحة حوض التصريف.

S_a تمثل متوسط انحدار سطح الحوض .

D_d تمثل كثافة التصريف للسطح الصخري .

K_1 معامل ثابت = ٠,٤ شديد الانحدار ، ٠,٢٥ للسطح الرملي والحصوي .

ويلاحظ أن هذا المعامل قد تضمن الخصائص التضاريسية وخصـــائص التربــة لحــوض النصريف وهو ما لم يكن موجوداً فى المعامل السابق .

أما أبسط المعادلات لحساب زمن التباطؤ فهي كما يلي ::-

$$Te = 0.6\, t_c$$

حيث :

Te تمثل زمن التباطؤ .

t_c تمثل زمن التركيز .

(Soil conservation service, 1972)

وقد اعتمد الطالب عند حساب معامل التباطؤ علـــى المعادلــة الأخــيرة نظــراً لبســاطتها ولاعتمادها على متغير آخر وهو زمن التركيز ، كذلك فإن هذه الطريقـــة تعتمــد علــى التوزيــع **المتجانس للأمطار على حوض التصريف ، وللحصول على بيانات دقيقة باستخدام هـــذه الطريقــة** بفضل استخدامها على مستوى أحواض الروافد .

---

[١] للتحويل من أمتار مربعة إلى هكتار يتم القسمة على ٤٠٤٧

جدول (٤-١١) أزمنة التباطؤ لحوض وادي وتير وروافده

الوادي	زمن التباطؤ (دقيقة)	الوادي	زمن التباطؤ (دقيقة)
نخيل	٤٨	الزلقة	٣٠٨
أم عصبلة	٨	لتحي الدوني	٣٩
أم مثلة	٢٢	مكيمن الأيسر	٢٦
صعيد	١٤	غزالة	٧٦
ساكت سكوت	١١	الردة	٦
حمير	٢٣	صمغي	٦٥
حويط	٣٦	طلعة الخواصة	٦
البيارية	٣٢	الصعدة السمرا	٥٣
الخليل	١١	الصعدة البيضا	٤٣
وتير الأعلى	١٤٢,٥	وتير	٢٩٢
وتير الأدنى	١٣٦,٥	الانحراف المعياري	٥٤
معامل الاختلاف			١,٠٦

ومن خلال جدول (٤-١١) يتضح ما يلي :-

- بلغ زمن التباطؤ لحوض وادي وتير نحو ٤,٨ ساعة وهذا يعني أن حوض التصريف بصفة عامة يحتاج إلي نحو ٥ ساعات حتى ينشأ الجريان إلا أنه من الأفضل دراسة هذا المعامل على الروافد الصغيرة كلما أمكن ذلك .

- بلغ متوسط زمن التباطؤ للروافد ٥٨ دقيقة وهذا يعنى أن أغلب أحواض الروافد يتولد بها الجريان السطحي بعد مرور حوالي ساعة من بداية سقوط الأمطار ، مع ملاحظة أن هذا المعامل يتسم بالدقة كلما كانت الأحواض ذات مساحات صغيرة ، وقد تميزت الأحواض قليلة المساحة بقلة أزمنة التباطؤ حيث بلغ هذا المعامل أقل من ١٥ دقيقة فى أحواض صعيد وساكت سكوت والخليل .

- وقد سجلت الأحواض كبيرة المساحة قيما مرتفعة وخاصة فى الروافد الرئيسية لحوض وادى وتير مثل أودية الحيثي والبطم وقديرة والزلقة وقد سجلت جميعها قيما أكثر من ١٢٠ دقيقة .

يجب ملاحظة أن هناك عوامل كثيرة تتحكم فى تحديد زمن التباطؤ مثل نوع التربة ودرجة الانحدار فمعامل التباطؤ يكون عاليا فى حالة السطوح قليلة الانحدار والمناطق شبه المستوية حيث تؤدى هذه الظروف إلى زيادة الفاقد بالتسرب والتبخر نتيجة لتراكم المياه فوق سطح الأرض لفترات زمنية طويلة – أما الانحدارات الشديدة فتعمل على تقليل كمية الفواقد ومعامل التباطؤ وزيادة سرعة وحجم التصريف ، (صالح ، ١٩٨٩ ، ص ٣٧) ، كما تؤثر الخصائص المورفومترية لحوض التصريف على زمن التباطؤ ولذلك فان هذا المعامل يكون أقرب إلى الدقة كلما طبق على أحواض صغيرة المساحة .

٣- سرعة الجريان Velocity

تعد دراسة سرعة جريان المياه من أهم المعاملات الهيدرولوجية لحوض التصريف وذلك لكونها تؤثر على مقدار النحت وكذلك على حجم ونوع الرواسب ؛ ويصعب قياس سرعة المياه فى الميدان نتيجة لعدم توفر الوسائل لذلك ، ومن الممكن حساب سرعة الجريان من خلال المعادلة التالية :-

$$V = L / t_c$$

حيث

L تمثل طول حوض التصريف (كم)

t_c تمثل زمن التركيز (ساعة) ، (خضر ، ١٩٩٧ ، ص ٣٨٠)

ويتم حساب السرعة على أساس أن السرعة تساوى المسافة على الزمن .

ومن خلال النموذج الذي قدمه (Knighton, 1984,p.2) يتضح أن السرعة ترتبط بالتصرف فى صورة علاقة طردية وكذلك بمعدل نقل الرواسب ، كما أنها تتأثر بانحدار المجرى ، وترتبط عكسيا مع مقاومة القاع ومن هنا يتضح أن سرعة الجريان ذات تأثير كبير على أهم مخرجات نظام التصريف وهما التصرف والرواسب ، وتتغير السرعة من خلال أربعة اتجاهات :-

- تتغير السرعة بالاتجاه من قاع المجرى صوب السطح نتيجة للخشونة التى يتميز بها قاع المجرى .
- كذلك تتغير السرعة على طول القطاع العرضي للمجرى ، إذ تزيد السرعة بالاتجاه صوب مركز المجرى ، وذلك لأن جوانب المجرى تقلل من السرعة نتيجة للاحتكاك ، ولكن تتأثر سرعة المياه أيضا على طول القطاع العرضي بشكل القطاع وتماثله أو عدم تماثله .

▪ تتغير السرعة على طول القطاع الطولي للمجرى ، فعلى الرغم من قلة الانحدار بالاتجاه صوب المصب فان سرعة المياه تميل إلى الثبات أو قد تزيد بصورة طفيفة ، وذلك لأن المجرى يصبح أكثر كفاءة وتقل المقاومة باتجاه المصب ، (Knighton, 1984,pp.49-50)

▪ تؤثر التغيرات اليومية أو الفصلية للتصرف على سرعة المياه ، فزيادة التصرف تعمل على توسيع القطاع العرضي وبالتالي تقلل من خشونة القاع ومن ثم تعمل على زيادة سرعة المياه ، ومع ذلك فان هذا التأثير ليس منتظما من قطاع عرضي إلى آخر .

وبتطبيق المعامل السابق ومن خلال جدول (٤-١٢) وشكل (٤-١٣) اتضح ما يلي :-

▪ بلغ متوسط سرعة الجريان فى وادي وتير ٢,٦٤ متر/ثانية ، بينما بلغ نحو ٢,٥ متر/ثانية على مستوى أحواض الروافد وبلغ الانحراف المعياري فى أحواض الروافد ٠,٦٤ ، بينما كان معامل الاختلاف ٢٥ ٪ وهذا يدل على تقارب قيم سرعات الجريان وتجانسها .

جدول (٤-١٢) **سرعة جريان المياه في حوض وادي وتير وروافده**

(متر/ثانية)

الوادي	سرعة الجريان	الوادي	سرعة الجريان
نخيل	٢,٤٢	الزلقة	٢,٠٦
أم عصبلة	٣,٤٤	لتحي الدوني	٢,٤٠
أم مثلة	٢,٩٤	مكيمن الأيسر	٢,٣٠
صعيد	٢,٩٣	غزالة	٣,٢٥
ساكت سكوت	٢,٩٥	الردة	٤,٦١
حمير	٢,٤٥	صمغي	٣,٣٦
حويط	٢,٦٢	طلعة الخواصة	٣,٧٨
البيارية	٢,٥٦	الصعدة السمرا	٢,٧٥
الخليل	٢,٩٤	الصعدة البيضا	٢,٧٤
وتير الأعلى	٣,٤	وتير	٢,٦٤
وتير الأدنى	١,٧	الانحراف المعياري	٠,٦٤
معامل الاختلاف		٢٥,٢٤	

بلغت سرعة الجريان في حوض وادي وتير نحو ٢,٦٤ متر/ثانية .

ويمكن تصنيف أحواض الروافد حسب سرعة الجريان إلى عدة فئات وهي كما يلي :-

شكل (٤-١٣)   بعض المتغيرات الهيدرولوجية لأحواض الروافد

١ - أحواض سرعة جريانها أقل من ٢,٥ متر/ثانية

ومن الممكن أن نطلق على هذه الفئة الأحواض بطيئة الجريان ، وتشمل ٦ أحواض بنسبة ٣٠% وهذه الأحواض هي :- أحواض نخيل ، وحمير، ووتير الأدنى، والزلقة ،ولتحي الدوني ،ومكيمن الأيسر وقد بلغ متوسط سرعة الجريان لهذه الفئة ٢,٢٢ متر/ثانية وتتسم هذه الأودية بقلة انحداراتها نسبياً ومن المتوقع أن تقوم أودية هذه الفئة بنقل حمولة قليلة وليست خشنة .

٢ - أحواض يتراوح سرعة جريانها بين ٢,٥-٣ متر/ثانية .

وقد بلغ عدد أحواض هذه الفئة ٨ أحواض بنسبة ٤٠ ٪ من إجمالي إعداد أحواض الروافد ،وهى أم مثلة وصعيد وساكت سكوت وحويط والبيارية والخليل والصعدة السمرا والصعدة البيضا ووتير الأعلى ، وبلغ متوسط سرعة جريان هذه الفئة نحو ٢,٨ متر/ ثانية ومن الممكن أن نطلق على هذه الفئة أحواض متوسطة السرعة .

٣ - أحواض سرعة جريانها أكبر من ٣ متر / ثانية

ويبلغ عدد الأحواض ٦ أحواض بنسبة ٣٠ ٪ وبلغ متوسط سرعة الجريان ٣,٧ متر/ثانية ، وتضم هذه الفئة أحواض أم عصبلة ووتير الأعلى وغزالة والردة وصمغي وطلعة الخواصة و وجميع أحواض هذه الفئة تتراوح سرعة جريانها بين ٣-٤ متر /ثانية باستثناء حوض واحد فقط تخطت سرعة جريانه ٤ متر/ثانية ، وهو حوض الردة ومن الممكن أن نطلق عليه حوض سريع الجريان ، حيث يتسم هذه الوادي بشدة الانحدار إذ بلغ المدى التضاريسي لهذا الوادي نحو ٤٩٥ متر ، بينما لم يتعد طول الوادي قرابة ٣ كم .

تقدير الجريان السطحي

يتم حساب الجريان السطحي أساساً باستخدام بعض الوسائل لقياس التصرف فى عدة مواقع على طول المجرى النهري ، ولا تتوفر هذه الوسائل عند حساب التصرف فى الأودية الجافة لأن الجريان فى هذه الأودية غير دائم ، ولذلك يتم الاعتماد كثيراً على حساب كمية المياه الساقطة أثناء السيول ، وطبقاً لتعريف السيول فى الأودية الجافة فان السيول تنشأ عندما توجد مياه فى مجارى الأودية الجافة بصرف النظر عن كمية هذه المياه ، (Graf, 1988,p.83) ، ولصعوبة قياس الجريان السطحي فى الأودية الجافة فقد وضعت معاملات كثيرة لاستنتاج الجريان السطحي وإجمالي التصرف ، وقد استخدمت هذه المعاملات خصائص حوض التصريف مثل المساحة أو درجة الانحدار أو عرض المجرى وعمقه ، وبعض المعادلات الأخرى اعتمدت على خصائص

شبكة التصريف مثل إجمالي أطوال المجارى أو كثافة التصريف ، وهناك بعض المعادلات الأخرى التي اعتمدت على بعض العناصر المناخية مثل درجة تركز المطر أو متوسط المطر السنوي ، على أننا قبل أن نعرض لبعض هذه المعادلات ينبغي أن نشير إلى أن هذه المعادلات جميعها تعطى نتائج تقريبية وليست دقيقة تماماً ، كما أن نتائج هذه المعاملات تعتمد على دقة البيانات المستخدمة ، كذلك ينبغى ان نشير إلى أن المعادلة التي قد تصلح لأودية منطقة ما ، قد لا تصلح لأودية منطقة أخرى ، أى أنها قد لا تعطى نتائج بنفس مستوى الدقة ، وذلك لأن كل منطقة جغرافية لها من الخصائص الجيولوجية والطبوغرافية والمناخية وتاريخها الجيومورفولوجي الذي يميزها عن أي منطقة أخرى ، كذلك تفترض هذه المعادلات انتظام المطر على جميع أرجاء حوض التصريف بصورة واحدة ، وهو ما لا يتحقق سوى فى الأودية صغيرة المساحة ، ولكن الواقع يشير إلى أن العاصفة المطيرة قد تغطى مساحة صغيرة فقط من حوض التصريف وقد تؤدى على الرغم من ذلك إلى جريان في صورة سيول هادرة ، وحتى إذا افترضنا انتظام العاصفة المطيرة فوق أجزاء الحوض كله فان خصائص حوض التصريف تختلف من الناحية الجيولوجية والطبوغرافية وبالتالي قد نجد منطقة ترتفع بها طاقة التسرب ومن ثم لا يحدث جريان سطحي ، ومنطقة أخرى تتلقى نفس القدر من الأمطار ولكن يحدث بها جريان سطحي نتيجة لانخفاض طاقة التسرب ، ولذلك وجب توخى الحذر عند استخدام معادلات حساب التصرف فى الأودية الجافة .

وتعد معادلة لانسلي من اشهر المعادلات وأبسطها لقياس معدل التصرف وهى كما يلي :-

$$Q = 99A^{0.5}$$

حيث

Q تمثل معدل التصرف (قدم/ثانية)

A مساحة حوض التصريف (ميل٢)

كذلك تعد المعادلة التي وضعها جراف (Graf,1988,p.84) من المعادلات المهمة فى حساب معدل التصرف على طول قطاع عرضى على مجرى النهر .

$$Q = W * D * V$$

حيث

Q تمثل معدل التصرف (متر/ ثانية)

W عرض المجرى المائي (متر)

D عمق المجرى (متر)

V تمثل سرعة المياه (متر/ثانية)

ويصعب قياس سرعة المياه أو تقديرها كما أشرنا من قبل .

ومن المعاملات التى تعتمد على نوع التربة والتى يطلق عليها أيضاً الطريقة المنطقية Rational Method ، المعادلة التالية التى قدمتها (U S soil conservation service)

$$Q_{pk} = C * I * A$$

(Graf, 1988,p.79)

حيث

Q_{pk} تمثل معدل التصرف (قدم/ثانية)

C معامل لتحديد نوع التربة (يتراوح بين ٠,٢ للتربة الرملية والخصوبة، ٠,٥ للتربة الصلصالية والطينية)

I درجة تركز المطر (بوصة/ساعة)

A مساحة حوض التصريف (هكتار)

وقد عدلت المعادلة السابقة لكي تأخذ فى الاعتبار مقدار التسرب وأصبحت المعادلة كما يلى :

$$Q_p = C_S * C * I * A$$

حيث

C_S تمثل معامل التسرب

ومن الغريب أن معظم المعادلات التى وضعت لتقدير الجريان السطحي فى الأودية الجافة قد اشتقت من خلال دراسة الجريان السطحي فى أودية المناطق الرطبة وشبة الرطبة ، ولكن هناك بعض المعادلات الأخرى التى اشتقت من دراسة الأودية الجافة مثل معادلة اوستركامب (Graf,1988, p.108) ، التى توصل إليها من دراسة نحو ٢٥٢ وادياً فى المناطق الجافة وشبه الجافة فى غرب الولايات المتحدة ، وجاءت المعادلة كالتالي :-

$$Q_m = 0.027 W_b^{1.71}$$

حيث

Q_m معدل التصرف السنوي (متر/ثانية)

W_b عرض المجرى المائي إذا فرض جريان الماء (Bankfull width)

ومن المعادلات التى اعتمدت على أكبر كمية مطر سقطت ، تلك المعادلة التى قدمها بول ١٩٣٧ (Ball.J.,1937) فى دراسته عن بعض الأودية الجافة فى منطقة مرسى مطروح :

$$Q_m = 750 * A (R_{max} - 8)$$

حيث

Q_m تمثل حجم الجريان السطحي (متر٣)

A مساحة حوض التصريف ،

R_{max} أكبر كمية مطر سقطت فى يوم واحد

ولكن ما يؤخذ على هذه المعادلة اعتمادها على أكبر كمية مطر سقطت فى يوم واحد وعلى أساس أن المطر يسقط فى مختلف أنحاء الحوض فى يوم واحد وبصورة منتظمة ، (الحسيني ، ١٩٨٧ ، ص٢٥ -٢٧) وهو أبعد ما يكون عن الواقع .

وقد اعتمد الطالب فى دراسته للجريان السطحي لحوض وادى وتير وروافده على دراسة حلوة وزملائه عام ١٩٩٤ ، وقد اعتمدت هذه الدراسة على البيانات المناخية المتاحة خلال الفترة من ١٩٤٤ وحتى ١٩٦٦، (الهيئة القومية للاستشعار من البعد وعلوم الفضاء ،١٩٩٩، ص ٢١-٢٣)، وقد استخدمت المعادلات الآتية لحساب التدفق السطحي :-

عمق المطر المتوسط = مج س {(عمق المطر عند محطة الرصد × (١÷المسافة بين محطة الرصد ومركز ثقل الوادي)} ÷ مج س {(١ ÷ المسافة بين محطة الرصد ومركز ثقل الوادي)}

الجريان السطحي = ١٠٠٠ × مساحة الوادي ×(عمق المطر المتوسط - معدل البخر) × معامل التدفق السطحي .

وقد بلغ المتوسط السنوي للجريان السطحي عند مخرج الوادى نحو ٥,٦ مليون متر٣ / سنويا ، وتمثل هذه الكمية أهمية كبيرة ينبغي الاستفادة منها وكذلك اتقاء أخطارها على مدينة نويبع وعلى الطريق الدولي .

ومن خلال دراسة الجريان السطحي على مستوى أحواض الروافد الرئيسية كما يوضحها جدول (٤-١٣) ، يتضح لنا ما يلي :

- بلغ إجمالي الجريان السطحي خلال الفترة الزمنية المذكورة نحو ١٥٦ مليون متر٣ بمتوسط سنوى ٧,١ مليون متر٣ ، وينبغي الأخذ فى الاعتبار أن هذه الكمية تمثل الجريان **السطحي قبل حذف كمية المياه المتسربة والمتبخرة وبإضافة كمية المياه المتبخرة والمتسربة** فان قيمة الجريان السطحي تصبح سالبة ولذلك فان الأرقام الواردة فى الجدول ما هي إلا صورة تقريبية لحساب الجريان السطحي الذى يتركز فى أيام معدودة من العام بل وفى سويعات معدودة وبالتالي فلا نستطيع القول بانعدام الجريان السطحي نتيجة لزيادة الفواقد بالتبخر

والتسرب ، على أية حال فانه من الممكن تقسيم أحواض الروافد بحسب فئات الجريان السطحي خلال الفترة الزمنية المذكورة إلى ما يلي :

جدول (٤-١٣) **متوسط وإجمالي الجريان السطحي خلال الفترة ١٩٤٤ - ١٩٦٦ ***

أسم الوادي	مجموع الجريان (مليون متر٣)	متوسط الجريان (متر٣/سنة)
نخيل	١,٣٢	٦٠٠١٦
أم مثلة	١,٢٣	٥٥٨٣٥
صعيد	٠,١٦	٧٢٠٣
حمير	١,٠٠٣	٤٥٦٢٥
وتير الأعلى	٩٢,١	٤٨٤٨٧٣٧
الزلقة	٤٨,٤	٢٢٠١٧٨٢
لتحي الدوني	٠,٥٤	٢٤٥٥٣
مكيمن الأيسر	٠,٢٩	١٣١٢٩
غزالة	٤,٩٢	٢٢٣٦٧٥
صمغي	٣,٣٩	١٥٣٨٤٧
بقية روافد وادي وتير	٠,٧٢	٣٢٩١١
معامل الاختلاف	٢١٠,٦	١٥١٩٨٠٨
الانحراف المعياري	٢٩,٥	٦٩٧٠٢٨
المتوسط	١٤,٠١	٢١٨
المجموع	١٥٦,٨ مليون متر٣	

* الهيئة القومية للاستشعار من بعد وعلوم الفضاء ، ١٩٩٩

أ - أحواض يبلغ إجمالي تصرفها أقل من ١ مليون متر٣

وتشمل هذه الفئة معظم الأودية الصغيرة مثل أودية صعيد ولتحي الدوني ومكيمن الأيسر ، والملاحظ أن أغلب هذه الأحواض تقع شرق المجرى الرئيسي حيث تقل كميات الأمطار .

ب - أحواض يتراوح إجمالي تصرفها بين ١-٥ مليون متر٣

وتضم هذه الفئة عدد كبير من الأودية ، جدول (٤-١٣) ، أهمها أودية نخيل وغزالة وصمغي .

ج - أحواض يتراوح إجمالي تصرفها بين ٥-١٠٠ مليون متر٣

وتضم هذه الفئة خمسة أحواض تمثل الروافد الرئيسية لحوض وادى وتير ،وهذه الأحواض هى الزلقة، ووتير الأعلى حيث بلغ إجمالي التصرف خلال الفترة ٤٤-١٩٦٦ نحو ٤٨,٤ ، ٩٢,١ مليون متر ٣ على التوالي ، وهذه الأودية هى التى تتسبب فى السيول الكبيرة التي تجتاح الوادي ،

وما يساعد هذه الأحواض فى تصريف كمية مياه هائلة هو مساحتها الشاسعة التى تسمح لها بتجميع قدر كبير من مياه الأمطار وكذلك شبكة تصريفها الهائلة ٠

ونستطيع أن نخلص مما سبق إلي أنه بحساب جملة الفواقد (التبخر والتسرب) وحساب كمية المطر الساقطة علي الحوض يصبح من الصعب حدوث الجريان السطحي نتيجة لاحتمالية تلاشي كمية الأمطار بالتسرب والتبخر ، ولكن الذى يحدث هو تركز المطر في فترة زمنية محدودة قد تكون ساعات قليلة كل عام ، وهذه الفترة الزمنية القليلة تعمل علي زيادة المطر عن الفواقد وبالتالي نشأة الجريان السطحي الذى يكون في أغلب الأحيان في صورة سيول هادرة قد تدمر بعض الأنشطة البشرية بالمنطقة ، ولكن نتيجة لعدم توافر البيانات المناخية عن المطر وتركزه وكذلك عن التسرب والتبخر ، فقد اعتمد الطالب علي بعض التقديرات وبعض المعاملات المورفومترية التي أعطت صورة عامة عن الجوانب الهيدرولوجية لحوض التصريف ، ولكن يمكن القول بأنه إذا كان متوسط التصرف السنوي قد بلغ نحو ٧,٢ مليون متر٣ ، وبلغ ما يصل من المياه عند مصب الوادي إلى نحو ٥,٩ مليون متر٣ فإنه يمكن القول بأن هناك نحو ١,٣ مليون متر٣ سنوياً تفقد عن طريق التسرب والتبخر ، ولكن ليس شرطاً أن تصل هذه الكمية إلى مصب الوادي فقد تمر عدة أعوام دون أن تسجل كميات كبيرة من المياه ، وقد تسقط كميات كبيرة من الأمطار فى أحد السنوات تعمل على وصول كميات كبيرة من المياه إلى مصب الوادي قد تفوق المتوسط السنوي بعدة أضعاف .

رابعا : العلاقة بين الجريان السطحي وخصائص حوض وشبكة التصريف

أوضحت كثير من الدراسات التى تناولت أحواض التصريف سواء فى المناطق الجافة أو فى المنطقة الرطبة أن هناك علاقات وثيقة بين الجريان السطحي ومتغيرات حوض التصريف ومتغيرات شبكة التصريف وسوف نتناول بعض هذه العلاقات :-

١ - العلاقة بين الجريان السطحي ومساحة حوض التصريف :

على الرغم من أن العواصف المطيرة التى تسبب سقوط الأمطار فى المناطق الجافة لا تغطى سوى مناطق محدودة من مساحة حوض التصريف ، فإن الأحواض كبيرة المساحة يصبح لديها الفرصة لتلقى عاصفة مطيرة أو أكثر من الأحواض صغيرة المساحة ، وبالتالي ليس شرطاً أن تكون العلاقة عكسية بين مساحة حوض التصريف والجريان السطحي كما أشار إلى ذلك تشورلي (Chorley,1969,p.67) ، ومع ذلك فقد أقرّ تشورلي بوجود علاقة موجبة بين مساحة

حوض التصريف ومعدل التصرف فى المناطق المتجانسة ليثولوجياً ، وقد خلص فى دراسته عن أودية ولاية نيومكسيكو إلى العلاقة التالية بين مساحة حوض التصريف ومعدل التصرف .

$$Q_{2.33}=12A^{0.79}$$

(Chorley, 1969,Pp.39-40)

كما أشار سلامة (سلامة، ١٩٨٥، ص ٥٨) إلى أن إجمالي التصريف المائي يتناقص بتناقص مساحة الحوض نتيجة لما يفقده الحوض من مياهه بفعل التسرب والتبخر .

وقد قام الطالب بدراسة العلاقة بين مساحة أحواض الروافد والجريان السطحي ، شكل (٤-١٤) ، وقد تبين أن هناك علاقة موجبة قويه بلغت ٠,٨٧ ، وبلغ معامل التحديد ٠,٧٤ ، وهذا يدل على أن نحو ٧٤ ٪ من الاختلافات في قيم التصرف المائي ناتجة عن اختلاف مساحة حوض التصريف وأن نحو ٢٥٪ من الاختلافات ناتجة عن عوامل أخرى وقد بلغت معادلة خط الانحدار :

$$Q = 1984 * A\ 26365$$

حيث :

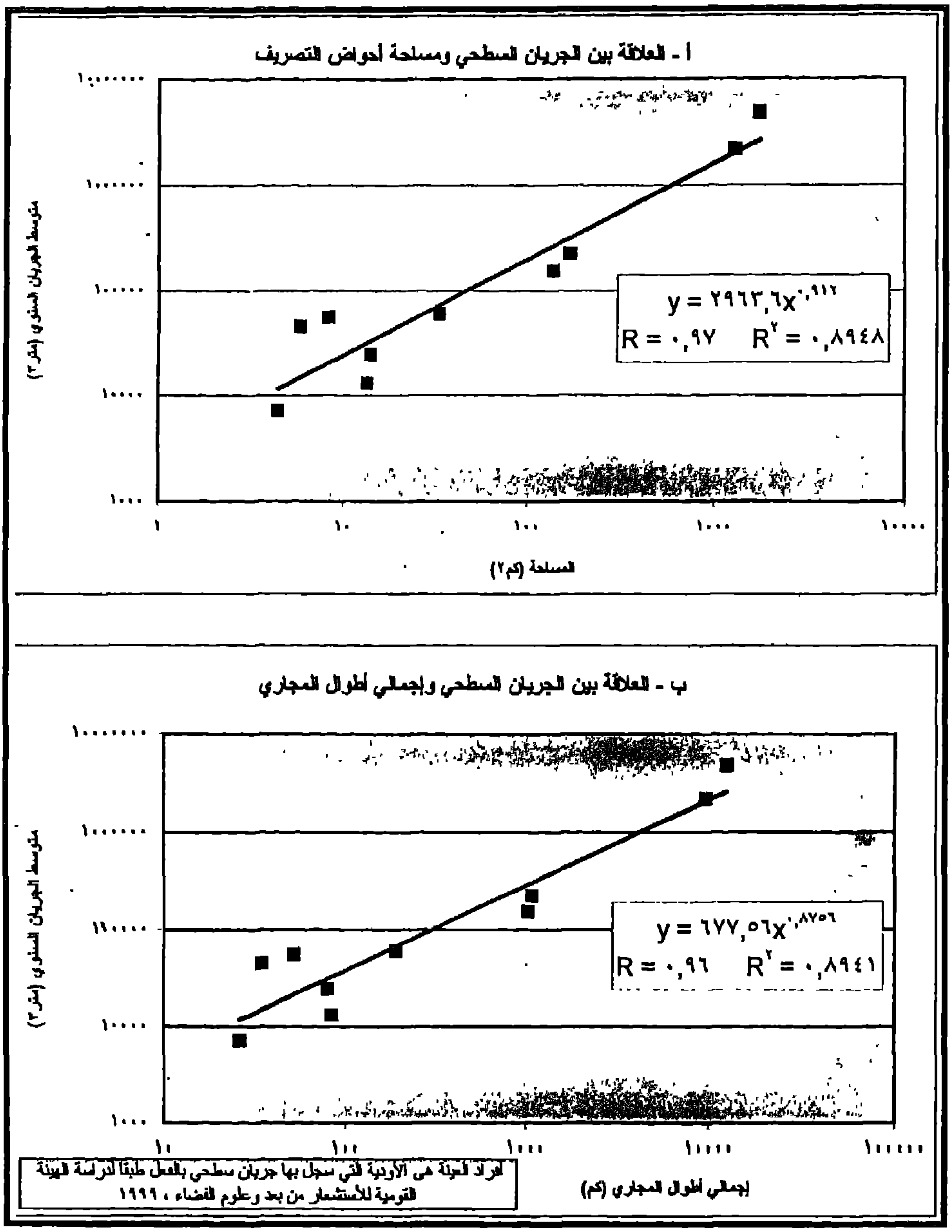
Q تمثل متوسط الجريان السطحي (متر٣)

A تمثل مساحة حوض التصريف (كم٢)

ويجب أخذ العلاقة بين مساحة حوض التصريف والتصرف السنوي بنوع من الحذر حيث أن هناك عوامل عديدة تؤثر في التصرف مثل كمية الأمطار الساقطة ونوع الصخر وخصائصه وانحدار السطح وهذه العوامل جميعاً تتحد سوياً لتحدد معدل التصرف وكميته كما يجب أن يؤخذ في الاعتبار أن العاصفة المطيرة قد لا تغطى كل أرجاء الحوض مما ينتج عنه اختلاف في كمية الأمطار وفى زمن سقوطها لكل جزء من أجزاء الحوض ، كما يجب أن نشير إلى أن الفواقد بالتسرب والتبخر غير متساوية على أجزاء الحوض ، وبالتالي فإن دراسة العلاقة بين المساحة والجريان على مستوى أحواض الروافد الصغيرة قد يكون أكثر دقة من تطبيقها على الأحواض كبيرة المساحة ومنها وادي وتير .

٢ - العلاقة بين الجريان السطحي وشكل الحوض

يعد شكل حوض التصريف من العوامل المؤثرة على الجريان السطحي وإجمالي التصريف إذ يؤثر شكل الحوض على ما يعرف باسم زمن الانتقال Travel - Time لأي نقطة مطر منذ لحظة سقوطها حتى تصل إلى المصب ، (صالح ، ١٩٨٩ ، ص ٣٥) ، ومن الممكن القول بأن



شكل (٤-١٤) العلاقة بين الجريان السطحي ومساحة أحواض التصريف وإجمالي أطوال المجاري

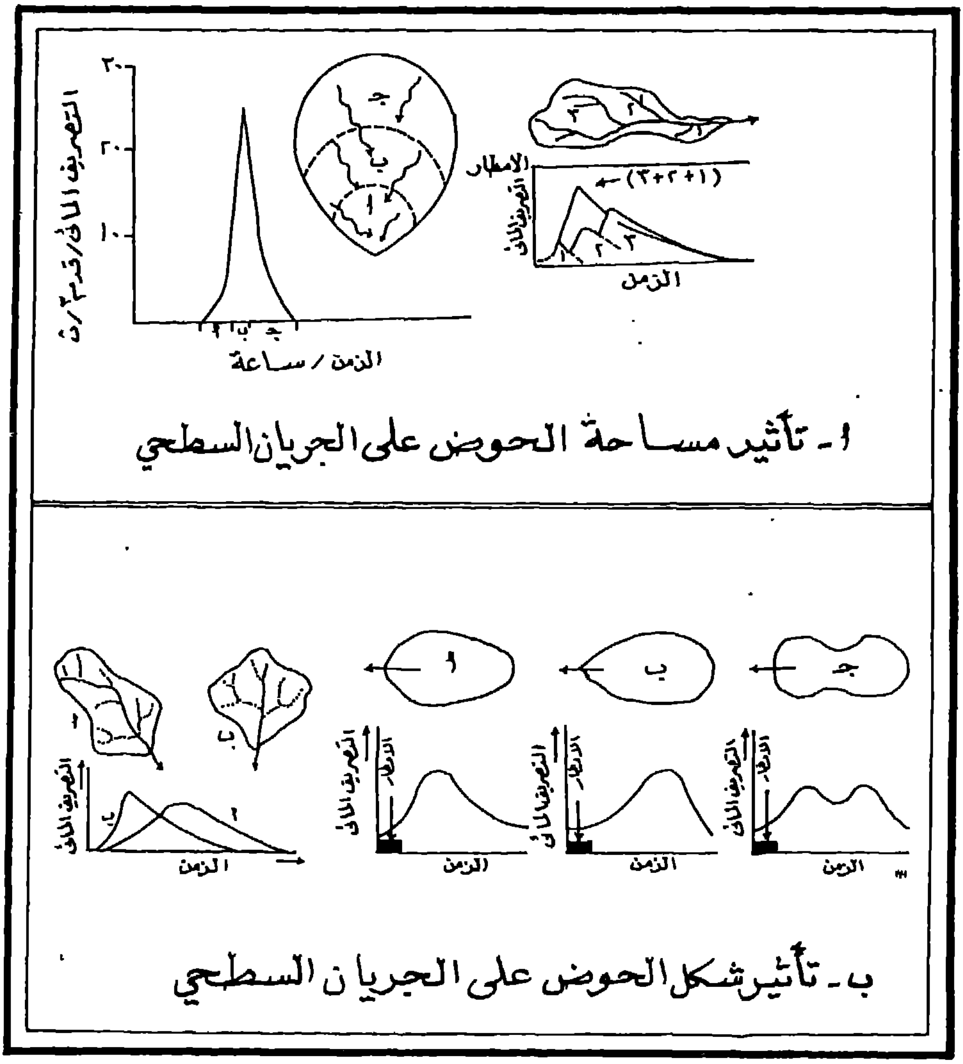
الأحواض التي تميل إلى الاستدارة يمثل جريانها السطحي خطورة كبيرة ، إذ تصل المياه إلى المجرى الرئيسي في وقت واحد تقريبا من جميع الروافد فيؤدى ذلك بدوره إلى فيضان كبير وسريع ، وعلى الجانب الآخر فان الأحواض المستطيلة تتميز باتصالها بالمجرى الرئيسي على مسافات متباعدة وبالتالي تصل المياه إلى المجرى الرئيسي في أوقات متباعدة ويترتب على ذلك ضعف في كمية وسرعة الجريان السطحي ، كما أن طول الفترة الزمنية التي تقطعها المياه في الأحواض المستطيلة يعمل على زيادة الفاقد بالتسرب والتبخر ومن ثم يؤثر على حجم التصرف ، شكل (٤-١٥) .

وقد أشار سميث وستوب (Smith, &,Stopp, 1978,p.58) إلى زيادة مساحة الحوض بالاتجاه صوب المصب يؤدى إلى حدوث الفيضان عقب سقوط المطر مباشرة ، أما إذا زادت مساحة الحوض بالاتجاه صوب المنبع فإن قمة الفيضان تتأخر وبالتالي تقل كمية التصرف .

وبالنظر على شكل حوض وادي وتير فسوف نجد أن مساحة الحوض تزيد بالاتجاه صوب المنبع وبالتالي فسوف تتأخر قمة الفيضان وتحتاج المياه إلى وقت أطول للوصول إلى المصب ، ولكن ينبغي أن نشير إلى أن قمة الفيضان في حوض وادي وتير ترتبط بالمسافة بين مصب الوادي الرئيسي ومصبات الروافد ، فلا شك أن حدوث جريان في الأودية القريبة من مصب الوادي مثل وادي صمغي وغزالة والزلقة يؤدى إلى حدوث قمة سريعة للفيضان ، بعكس الأودية البعيدة عن مصب الوادي مثل أودية الحيثي والشعيرة وسرطبة وأبيض بطنه - الروافد الرئيسية لوادي وتير الأعلى - ، فكان لزيادة المسافة بين مخارج هذه الأودية ومصب الوادي الرئيسي أكبر الأثر في تأخر قمة الفيضان في حالة حدوث جريان سطحي في هذه الأودية .

كذلك فإن الروافد الرئيسية مثل الزلقة وأبيض بطنه والحيثي والبطم تميل إلى الاستدارة وبالتالي تظهر قمة واضحة للجريان في أعقاب سقوط الأمطار على هذه الأودية ، ومعظم السيول التي تحدث في وادي وتير يحدث أغلبها نتيجة لسقوط الأمطار فوق هذه الأودية إلى جانب قرب هذه الأودية من النظام الهيدرولوجي لوادي وتير في الصخور النارية حيث يتميز مجرى الوادي بضيقه الشديد - يبلغ عرض المجرى نحو ١١ مترا في بعض الأجزاء - وشدة الانحدار

أما الأودية التي تجرى فوق الصخور النارية شرق المجرى الرئيسي فتتميز باستطالتها وبالتالي فإن هذه الأحواض أقل خطورة من سابقتها نتيجة لتأخر قمة الفيضان وانخفاض كمية التصريف ونضيف إلى ذلك أن هذه الأودية لا تتلقى كمية كبيرة من الأمطار كما سبق وأشرنا . وبالتالي فإن هذه الأودية وأهمها أودية أم مثله ونخيل وحويط والبيارية وسعدي وأبو علاقة لا تمثل خطرا كبيرا .



شكل (٤-١٥) تأثير مساحة وشكل الحوض على الجريان السطحي

المصدر: (سلامة، حسن رمضان، ١٩٨٠، ص ص ٥٨-٥٩)

٣ - العلاقة بين الجريان السطحي وشبكة التصريف

لشبكة التصريف عدد من المتغيرات المورفومترية التي تميز الأحواض عن بعضها البعض ومن متغيرات شبكة التصريف التي ترتبط ارتباطا وثيقا بعملية الجريان السطحي كثافة التصريف وإجمالي أعداد المجاري .

وتؤثر كثافة التصريف على سرعة انتقال الماء من مناطق تجميع الأمطار إلى المجارى النهرية ، فكلما زادت كثافة التصريف أي زادت أطوال المجارى في الوحدة المساحية الواحدة كلما وصلت مياه الأمطار بسرعة إلى المجارى النهرية ومن ثم ارتفع معدل التصريف المائي وكميته وتصبح كثافة التصريف ذات تأثير فعال على التصريف النهري في المناطق الجافة ، إذ يقل دور العوامل الأخرى مثل النبات الطبيعي الذي يندر وجوده ، كما أن الجفاف يعظم من دور العامل الجيولوجي على كثافة التصريف ومن ثم على الجريان السطحي .

وإذا كانت كثافة التصريف تؤثر على الجريان السطحي في المدى القصير أي خلال العواصف المطيرة الفجائية ، فإن الجريان السطحي يؤثر على كثافة التصريف على المدى الطويل (Knighton, 1984,p.20) .

وقد قنن كثير من الباحثين العلاقة بين الجريان السطحي وكثافة التصريف في معادلات رياضية وكان هورتون من أوائل الباحثين الذين حاولوا إيجاد العلاقات الرياضية بين الجريان السطحي وكثافة التصريف ، وقد ادخل هورتون تعبير طول الجريان السطحي Length of Overland Flow ، وكان يعنى به طول جريان المياه على السطح قبل أن تصل إلى مجارى محددة الجوانب ، أو المسافة التي تقطعها المياه فى صوره جريان غطائي Sheet Flow ، وقد ربط هورتون بين طول الجريان السطحي وكثافة التصريف فى صورة العلاقة الرياضية التالية : ـ

$$L_o = 1 / 2D_d$$

حيث (Horton,1945,Pp.284-285)

L_o تمثل طول الجريان السطحي

D_d تمثل كثافة التصريف

وقد أدخل هورتون متغير الانحدار لحساب طول الانسياب السطحي وأصبحت العلاقة الرياضية في الصيغة التالية :

$$L_o = 1 / 2D_d\sqrt{1-S_c/S_g}$$

حيث

S_c تمثل انحدار المجرى

S_g تمثل انحدار سطح الأرض في حوض التصريف

ونستطيع أن نقرر وجود علاقة طردية بين كثافة التصريف والجريان السطحي فكلما زادت قيمة كثافة التصريف أي زادت أعداد المجارى وأطوالها داخل الوحدة المساحية وأصبحت الفرصة كبيرة في وصول المياه إلى المجارى النهرية عقب سقوط الأمطار فإن ذلك يؤدي إلى زيادة فرصة حدوث الجريان السطحي وزيادة كميته ووصول منحنى التصرف إلى قمته بصورة سريعة عقب سقوط الأمطار وذلك فى حالة ثبات العوامل الأخرى .

وفى حوض وادي وتير بلغت كثافة التصريف ٧,١ كم / كم٢ ، وهى كثافة تصريفية منخفضة بصفة عامة وربما يرجع ذلك إلى أن معظم أجزاء الحوض لم تكمل دورتها الجيومورفولوجية ، ويلاحظ ارتفاع كثافة التصريف فى مناطق الصخور النارية في الجزء الجنوبي من حوض التصريف وتصل كثافته التصريفية لأكثر من ٨كم /كم٢ ، انظر جدول(٣-١٣) ، كذلك ترتفع كثافة التصريف في أودية(ساكت سكوت والخليل ووتير الأعلى وصمغي والبيارية ،وبالتالي فمن المتوقع حدوث قمة الجريان فى هذه الأودية بصورة سريعة عقب سقوط الأمطار ، وينبغي الإشارة إلي أن كثافة التصريف ترتفع بالقرب من المنابع وبالتالي تزيد فرصة الجريان عقب سقوط الأمطار .

ومن متغيرات الشبكة التى تؤثر على عملية الجريان السطحي إجمالي أطوال المجاري ، شكل (٤-١٤) ، إذ بلغ معامل الارتباط بين الجريان السطحي وإجمالي أطوال المجاري ٠,٩٦ في حين بلغ معامل التحديد ٠,٨٩ وهذا يعني احتمالية زيادة الجريان السطحي في الأحواض التي تتميز بزيادة أطوال مجاريها ، حيث أن هذه المجاري تستطيع أن حمل كميات أكبر من المياه وتنقلها إلى الوادي الرئيسي ، وقد أكدت موريساوا (Morisawa, 1962,p.1043) أن هيدرولوجية حوض التصريف ترتبط إيجابيا مع إجمالي أطوال المجاري ومع مساحة حوض التصريف ، كما توجد علاقة سالبة بين التصرف Discharge والانحدار والاستدارة ونسبة التضرس ، ويمكن توضيح هذه العلاقة في الصيغة الرياضية التالية :-

$$Q = f(A,\sum L,F_1,1/S,1/R_c,1/R_h)$$

حيث

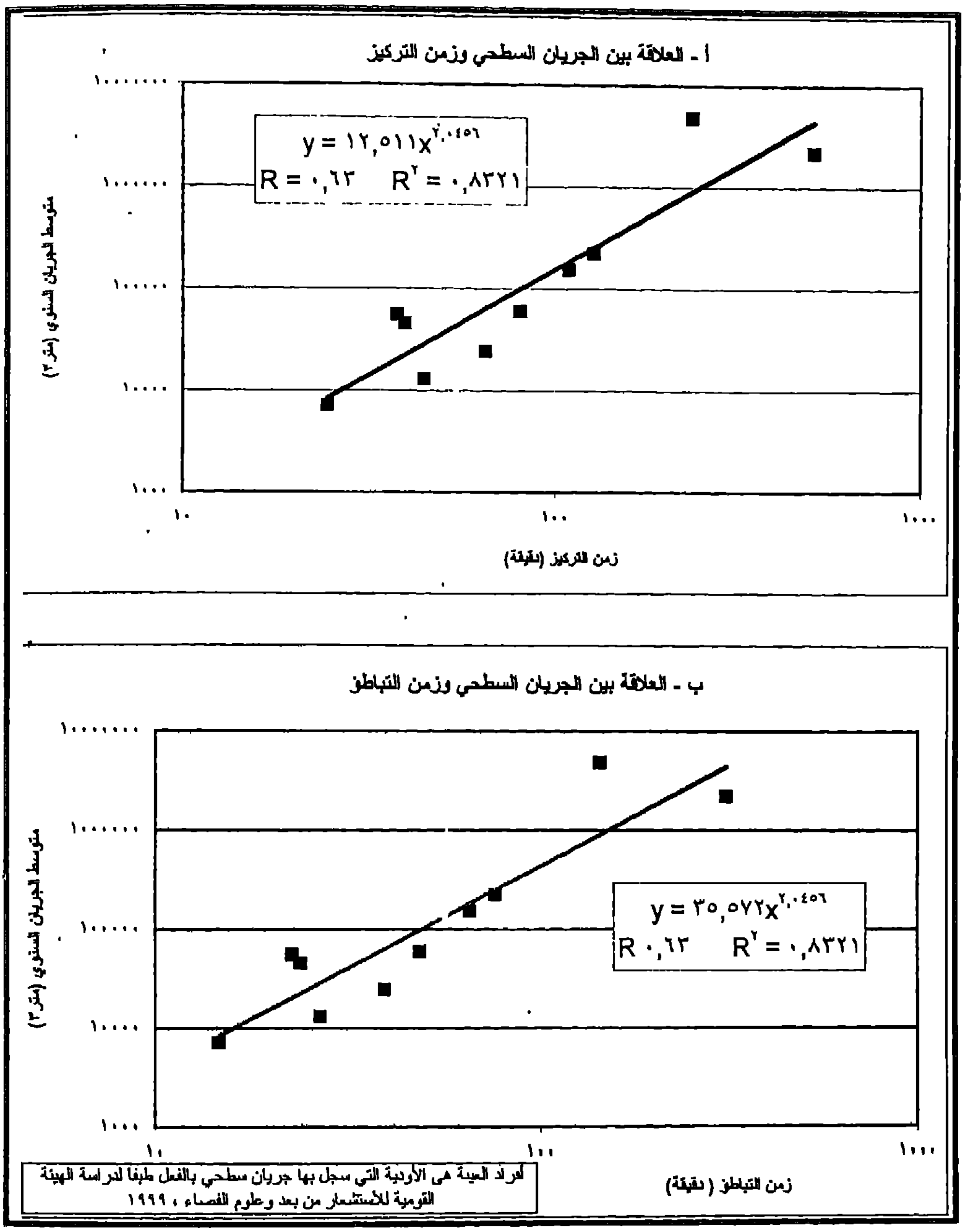
Q تمثل قمة التصرف

A مساحة حوض التصريف

L إجمالي أطوال المجاري

F تكرارية مجاري الرتبة الأولى

R_c الاستدارة



شكل (٤-١٦) العلاقة بين الجريان السطحي وزمن التركيز وزمن التباطؤ

وبناءا على ما سبق فمن المتوقع زيادة معدلات الجريان السطحي وكميته -في حالة سقوط الأمطار- على الأودية التى تتميز بزيادة أطوال مجاريها ويأتي على رأسها وادي الزلقة والحيثي والصوانة وقديرة .

وقد أوجد كركبي (Kirkby, 1993,Pp.8-9) علاقة مباشرة بين سرعة الجريان ومعدل التصرف وقد بلغ معامل الارتباط لنفس المتغيرين في حوض وادي وتير قد بلغ ٠,٧٥ أي أنه توجد علاقة طردية بين السرعة والجريان ، وهذا أمر يتفق مع النتائج التى توصلت إليها أغلب دراسات أحواض التصريف.

وبدراسة العلاقة بين معدلات الجريان وزمن التركيز وزمن التباطؤ جاءت العلاقة طردية قوية كما -هو متوقع- فالأحواض التى يزداد بها زمن التركيز وزمن التباطؤ يتوقع أن يزداد بها كمية التصرف .

ويلاحظ من شكل (٤-١٦) ، أن أغلب أحواض الروافد قد تركزت في الجزء الجنوبي الغربي من الشكل مما يدل على أن معظم أحواض الروافد يقل بها زمن التباطؤ وزمن الجريان وبالتالي معدل الجريان السطحي ، ويرتفع زمن التركيز والتباطؤ في واديي الزلقة والحيثي ، وبناءا على ذلك يمكن القول بأن هذين الواديين يساعد ارتفاع زمن التركيز والتباطؤ فيهما إلى زيادة الجريان السطحي المحتمل .

وخلاصة القول أن جميع العلاقات السابقة هي علاقات افتراضية لا تنشأ إلا عندما تسقط الأمطار ويحدث الجريان السطحي ، عندئذ يظهر أثر الخصائص المورفومترية لحوض التصريف وشبكته علي الجريان السطحي الذي – كما سبق أن أشرنا – يكون مركزا خلال فترات زمنية محدودة قد لا تتعدى بضعة أيام على مدار العام ، كذلك ينبغي أن نشير إلي أن خصائص حوض التصريف وشبكته تتفاعل كمنظومة مع الجريان السطحي ويصعب تحديد عامل بمفرده يؤثر على الجريان السطحي ولكن كل العوامل السابقة تتفاعل سويا بطريقة معقدة لتحدد في النهاية حجم الجريان السطحي ومدى استمراريته .

الخلاصة:-

١- تم الاعتماد على بعض المحطات المناخية المحيطة بحوض التصريف حيث أن الحوض يخلو من أية محطات مناخية والمحطات التى تم الاعتماد عليها هى راس نصراني، سانت كاترين، النقب ، الثمد ، نخل.

٢- تتسم الأمطار الساقطة على وادى وتير بتذبذب كميتها من شهر لآخر ومن عام لآخر وهى سمه تتسم بها جميع المناطق الجافة .

٣- تتركز الأمطار بصورة رئيسية خلال فصلى الخريف والشتاء ويعتبر شهر نوفمبر من أكثر الشهور مطرا (وذلك فى السنوات التى تسقط فيها الأمطار) وتزيد الأمطار بالاتجاه صوب الجنوب الغربى حيث تتسم هذه المنطقة بارتفاعها فوق سطح البحر الذي يصل لنحو ١٦٠٠ متر .

٤- بلغ إجمالى كمية الأمطار السنوية المتوقع سقوطها على حوض التصريف نحو ١٣٨مليون م٣ وبلغ المتوسط السنوى للأمطار ٣٨مم/سنويا وتختلف كمية الأمطار على أحواض الروافد بناءا على مساحاتها وموقعها بالنسبة للمحطات المناخية المختارة .

٥- تتمثل الفواقد بصورة رئيسية فى التبخر والتسرب ، وتقدر كمية المياه المتوقع تبخرها بنحو ١٦,٨ مليار م٣ كما بلغ متوسط التبخر الشهرى نحو ١٢,٨ متر٣، وبلغت كمية المياه المتوقع تسربها نحو ٧٢ مليار م٣ تقريبا ، ولكن على الرغم من أن المياه المتوقع تسربها وتبخرها تفوق كمية الأمطار الفعلية بصورة هائلة إلا أن طبيعة المطر الصحراوى الذى ينهمر فى صورة وابل وفى فترة زمنية محدودة يؤدى إلى حدوث الجريان السطحى بل وفى كثير من الأحيان تتسبب الأمطار فى حدوث سيول قوية.

٦- وقد تم دراسة زمن التباطؤ وزمن التركيز على مستوى الحوض الرئيسى وروافده لمعرفة الفترة الزمنية المحصورة بين سقوط المطر وحدوث الجريان السطحى وتختلف هذه الأزمنة من حوض لآخر تبعا لخصائص المورفومترية والجيولوجية.

٧- من خلال دراسة العلاقة بين الجريان السطحى وخصائص حوض التصريف وشبكته فقد تبين أن مساحة حوض التصريف تؤثر بشكل كبير على كمية المطر التى يتلقاها الحوض، كما أن شكل الحوض يلعب دورا مهما فى تحديد زمن الانتقال لأى نقطة مطر منذ لحظة سقوطها وحتى المصب، كما يتأثر الجريان السطحى بشبكة التصريف وخصائصها المختلفة فلا شك أن الأحواض التى تتسم بكبر شبكتها التصريفية عددا وطولا من المتوقع أن تشهد جريانا سطحيا أكبر من تلك الأحواض التى تتسم شبكاتها بقلة أعداد وأطوال مجاريها.

الفصل الخامس

منحدرات جوانب الوادي

أولاً : طريقة الدراسة .

ثانياً : أسس اختيار القطاعات .

ثالثاً : تحليل زوايا الانحدار .

رابعاً : معدلات التقوس .

خامساً : أشكال المنحدرات السائدة .

سادساً : عوامل وعمليات تشكيل المنحدرات .

سابعاً : تطور المنحدرات .

ثامناً : الأشكال الجيومورفولوجية المرتبطة بمنحدرات جوانب الوادي

أ – التلال المنعزلة والشواهد الصخرية .

ب – ركام الهشيم .

ج – أشكال السقوط الصخري والانهيار الأرضي.

مقدمة :

بعد أن تناولنا بالدراسة الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية لحوض وادي وتير ، يجدر بنا دراسة منحدرات جوانب الوادي والأشكال الجيومورفولوجية بالحوض ، وتنتشر بحوض التصريف أنماط كثيرة من المنحدرات ، تتمثل في جوانب الوادي الرئيسي ، وكذلك جوانب الروافد الرئيسية والثانوية وكذلك منحدرات مناطق ما بين الأودية. وقد تأثرت هذه المنحدرات بالظروف الليثولوجية والمناخية بحوض التصريف كما تأثرت بتطور الحوض نفسه .

كذلك يتسم حوض التصريف بوجود العديد من الأشكال الجيومورفولوجية مثل الأشكال البنيوية كالحافات الصدعية والمجاري الصدعية ونقط التجديد الناتجة عن تباين التتابع الصخري ، كذلك تنتشر بالحوض الظاهرات الناتجة عن النحت كالمدرجات النهرية وفجوات الرياح، أما ظاهرت الإرساب فتضم العديد من الأشكال مثل المراوح الفيضية ودلتا الوادي الرئيسي والجزر الرسوبية المنتشرة بقيعان المجاري المائية .

وقد تأثرت الأشكال الأرضية بحوض التصريف بمجموعة من العوامل أهمها :

١-العامل الصخري (متضمنا نوع الصخر وبنيته والتتابع الطباقي) .

٢-الظروف المناخية الحالية .

٣-التطور الجيومورفولوجي للحوض .

٤-العمليات الجيومورفولوجية السائدة على المنحدرات .

وسوف تتناول في الفصول التالية الدراسة التفصيلية لمنحدرات جوانب الوادي من حيث خصائصها المورفومترية وأنماطها وتطورها والأشكال المرتبطة بها ، ويلي ذلك دراسة تفصيلية للأشكال الأرضية بحوض التصريف ، والتي يظهر من خلالها كيفية تفادي الأخطار الجيومورفولوجية بالمنطقة وكذلك كيفية استغلال حوض التصريف وتحقيق التنمية في الأجزاء المهيأة لذلك .

وتعتبر دراسة المنحدرات من الموضوعات المهمة في الدراسة الجيومورفولوجية إذ أن معظم أشكال سطح الأرض ترتبط بوجود المنحدرات ، وقد أقر ينج (Young, 1972, p.1) **بوجود علاقة واضحة بين المنحدرات والأودية النهرية واعتبر ذلك من الأمور الطبيعية والمنتشرة** جدا على سطح الأرض .

كذلك فإن دراسة المنحدرات تسهم في فهم أشكال التصريف النهري التي تخترق هذه المنحدرات والموجودة فوق المنحدرات ذاتها . كذلك فإن دراسة المنحدرات تسهم في فهم بعض

الأشكال المرتبطة بها مثل ركام الهشيم والمراوح الفيضية وجميع أشكال حركة المواد على هذه المنحدرات .

وقد أصبحت دراسة المنحدرات فرعاً مهماً من فروع الجيومورفولوجيا منذ منتصف القرن العشرين، ويعتبر كل من(Savigear, 1951– 1956) (Strahler, 1956) (Louis, 1961) ، من الرواد الذين قاموا بدراسة المنحدرات ، وقد تميزت أغلب هذه الدراسات باتباع الأسلوب الكمي القائم على أساس المسح والقياس الميداني ، كذلك فقد حاولت معظم هذه الدراسات نقل دراسة المنحدرات من الدراسة الأكاديمية البحتة إلى الدراسة التطبيقية وتحقيق الإفادة منها في مجالات بشرية عديدة .

ومن الدراسات العربية الرائدة في مجال دراسة المنحدرات دراسات (الحسيني ومغرم ، ١٩٧٢) و(إمبابي ، ١٩٧٠ ، ١٩٧٦ ، ١٩٧٧ ، ١٩٨٢) و(إمبابي ، عاشور ، ١٩٨٣) ، (عبد الرحمن وزملاؤه ، ١٩٨١) (فرحان ، ١٩٨٣) ، (الدسوقي ، ١٩٨٧) ، (صالح ، ١٩٨٥) .

وتنقسم دراسة المنحدرات إلى مجموعة من الخطوات هي :

١- طريقة الدراسة .

٢- أسس اختيار القطاعات .

٣- التوزيع التكراري لزوايا الانحدار .

٤- معدلات التقوس .

٥- أشكال المنحدرات السائدة .

٦- عوامل وعمليات تشكيل المنحدرات .

٧- تطور المنحدرات .

٨- الأشكال الجيومورفولوجية المرتبطة بالمنحدرات .

أ - التلال المنعزلة والشواهد الصخرية .

ب - ركام الهشيم .

جـ- أشكال الانهيار الأرضي والسقوط الصخري .

أولا : طريقة الدراسة :

اعتمدت الدراسة الحالية على المسح والقياس الميداني لمنحدرات جوانب الوادي ولكن سبق هذه المرحلة مجموعة من الخطوات هي :

١- دراسة الخرائط الطبوغرافية والصور الجوية لتحديد أنسب المواقع لعمل القطاعات وكيفية الوصول إليها .

٢- دراسة الخرائط الجيولوجية وتحديد القطاعات التي تعطي التباينات في نوع الصخر .

٣- رفع القطاعات التي تم تحديدها ، وقد اتبع الطالب المعايير التي قررها صالح (صالح ، ١٩٩٩ ، ص ١٠٩).

وقد مرت عملية القياس الميداني بعدة خطوات هي :

١- قياس عدد ٢٠ قطاعاً على جوانب الوادي Valley Side Slopes منها عشرة قطاعات على جوانب الوادي في قطاعه الأدنى وعشرة قطاعات على جوانب الوادي في قطاعه الأعلى

٢- روعي في هذه القطاعات أن تكون ممثلة جيولوجيا ومكانياً للوادي ، كذلك فقد روعي أن تكون القطاعات على مسافات متساوية قدر الإمكان.

٣-أن تبدأ عملية القياس من قمة الحافة وتنتهي عند أخفض نقطة في القاع ، وفي بعض القطاعات لم يتمكن الطالب من الوصول إلى أعلى نقطة على المنحدر وذلك لشدة الانحدار والذي تجاوز في بعض الأحيان ٧٠ درجة ، ولذلك فقد تم قياس هذه القطاعات من أسفل إلى أعلى وحتى النقطة يصعب بعدها صعود المنحدر وتم تقدير بقية الأجزاء التى لم يتمكن الطالب من قياسها قياساً مباشراً .

٤-تم اختيار القطاعات في الأماكن التي لم تمتد لها يد الإنسان ولم يحدث بها أية تعديلات بشرية.

٥-تم قياس المسافات ودرجات الانحدار بين نقط التغير في الانحدار بغض النظر عن طول المسافة الأرضية ، وأحياناً وعندما كانت تطول المسافة دون تغير واضح في الانحدار كان القياس يتم على مسافات متساوية ، ولكن ذلك لم يحدث كثيراً نظراً للتغير في الانحدار في مسافات قصيرة .

٦- تم قياس الانحدار باستخدام جهاز أبني ليفل Abny-Level وتم تقريب الزوايا لأقرب درجة .

٧- رسمت القطاعات التي تم رفعها بيانياً بناءاً على أساس درجات الانحدار والمسافات الأفقية .

٨- ترتيب زوايا الانحدار من صفر – ٩٠ وتجميع المسافات الأرضية المقابلة لكل زاوية وحساب نسبتها المئوية من إجمالي أطوال القطاعات المقاسة ، وقد قدم ينج أساساً لتقسيم زوايا الانحدار

جدول (٥-١) **الخصائص العامة للقطاعات الميدانية للمنحدرات**

رقم القطاع	طول القطاع (متر)	متوسط الانحدار (درجة)	موقع القطاع	الصخور أو الرواسب السائدة	ملاحظات
١	٢٤٥	٣٦	على بعد ٢٠٠ متر من مخرج الوادي على الجانب الشرقي	صخور نارية	
٢	١٠٣,٣	٣٣,٦	على بعد ٢٠٠ متر من مخرج الوادي على الجانب الغربي	صخور نارية	
٣	١٥٩,٨	٣٤,٥	شمال مخرج الوادي بنحو ١٠,٥ كم على الجانب الشرقي	صخور نارية	
٤	١٦٢,٤	٢٨,٥	شمال مخرج الوادي بنحو ١٠,٥ كم على الجانب الغربي	صخور نارية	
٥	١٧٥,١١	٣٥,٤	شمال مخرج الوادي بنحو ١٣,٥ كم على الجانب الشرقي	صخور نارية	
٦	٢٠٣,٥٦	٣٠	شمال مخرج الوادي بنحو ١٣,٥كم على الجانب الغربي	صخور نارية	عند عين العرتاحة
٧	١٥٩	٤٢,١٨	شمال مخرج الوادي بنحو ١٦كم على الجانب الشرقي	صخور نارية	
٨	١٢٧	٥٣	شمال مخرج الوادي بنحو ١٦كم على الجانب الغربي	صخور نارية	
٩	٣٢٥	٣٥,٩	شمال مخرج الوادي بنحو ٢٠كم على الجانب الشرقي	صخور نارية	
١٠	٨٩,٥	٣٩	شمال مخرج الوادي بنحو ٢٠كم على الجانب الغربي	صخور نارية	
١١	١٥٥,٣٥	٢٥,٣	شمال مخرج الوادي بنحو ٣٧كم على الجانب الشرقي	صخور رسوبية	
١٢	٩١,٣	٣٦,٦٥	شمال مخرج الوادي بنحو ٣٧كم على الجانب الغربي	صخور رسوبية	
١٣	٢٦٥,٨٣	٢٣,٦	شمال وادي الزلقة بنحو ١ كم على الجانب الشرقي	صخور رسوبية	
١٤	١٧٢,٢٣	٣١,٨٨	شمال وادي الزلقة بنحو ١ كم على الجانب الغربي	صخور رسوبية	
١٥	٣١٢,٨	١٢,١٣	شمال مخرج الوادي بنحو ٤٨كم على الجانب الشرقي	صخور رسوبية	شمال قرية الشيخ عطية
١٦	٨٨٦,٢٥	٧,٨٦	شمال مخرج الوادي بنحو ٤٨كم على الجانب الغربي	صخور رسوبية	
١٧	٣٧٧,٧	١٣,٧	شمال مخرج الوادي بنحو ٥٢كم على الجانب الشرقي	صخور رسوبية	
١٨	١٠٣١,١	١١,٣٤	شمال مخرج الوادي بنحو ٥٢كم على الجانب الغربي	صخور رسوبية	
١٩	٢٢٩,٢	١٦,٨٧	شمال مخرج الوادي بنحو ٥٦كم على الجانب الشرقي	صخور رسوبية	
٢٠	٣١٠,٨	١٨,١٢	شمال مخرج الوادي بنحو ٥٦كم على الجانب الغربي	صخور رسوبية	
المجموع أو المتوسط	٥٥٨٢,٢٣	٢٨,٢٧	بلغت جملة أطوال القطاعات في نطاق الصخور النارية ١٧٤٩ متر وبلغ متوسط الانحدار ٣٦,٨٩ درجة بينما بلغت جملة أطوال القطاعات في النطاق الرسوبي ٣٨٣٢ متر وبلغ متوسط الانحدار ١٩,٧٤ درجة		

علـى أسـاس السـمات العامـة لطبيعـة الانحـدار متضمنـا ٧ مجموعـات قياسـية (Young, 1972, P.173) ويمكن قصر تصنيف ينج إلى خمس مجموعات رئيسية هي:
الانحدارات اللطيفة Gentle Slope والمتوسطة Moderate Slopes والشديدة Strong Slope والشديدة جدا Very strong Slopes والرأسية Vertical Slope.

٩- تصنيف زوايا الانحدار إلى مجموعات وتحديد بداية ونهاية كل مجموعة بمعنى تحديد الزوايا الحدية العليا والدنيا ، ويلي ذلك تحديد الزوايا الشائعة في كل مجموعة من المجموعات ثم ربطها بالاختلافات الصخرية بهدف توضيح الملامح الجيومورفولوجية للمنحدرات وتحديد أشكالها والعوامل المناخية والجيولوجية التي أسهمت في تطورها .

١٠- حساب درجات التقوس وقد عرف ينج (Young, 1972, p. 137- 148) تقوس القطاع Profile Curvature بأنه معدل التغير في زاوية الانحدار مع المسافة الأرضية في اتجاه الانحدار الحقيقي معبرا عنه بالدرجات لكل ١٠٠ متر ويتم حساب التقوس من خلال العلاقة التالية :

$$C_{ab} = \frac{\emptyset_a - \emptyset_b}{0.5\,(D_a + D_b)}$$

حيث :

Ø تمثل زاوية الانحدار

D تمثل المسافة الأفقية

وعلى الرغم من أن هذه الطريقة تقدم أسلوبا كميا لمعالجة التقوس إلا أن بها بعض أوجه القصور أوجزها إمبابي وعاشور (إمبابي ، عاشور ، ١٩٨٣ ، ١٣٥) فيما يلي :

١- يصعب استيعاب قيم التقوس الناتجة من المعادلة ، فقد يصل المعدل إلى ٥٠٠ درجة لكل ١٠٠ متر وعلى الرغم من كونه معامل إلا أن يصعب استيعاب لفظ ٥٠٠ درجة .

٢- يمكن الحصول على قيم تقوس متماثلة لنقطتين على الرغم من اختلاف معدل تقوسهما ويرجع ذلك لأن طريقة ينج تعتمد على المسافات المتساوية .

٣- يصعب في الطبيعة عمل قطاعات ذات مسافات أرضية متساوية ولهذا لن تفي طريقة ينج في الحصول على مقياس كي واحد لتقوس سطح أي منطقة ولهذه فقد اعتمد الطالب على **طريقة عبد الرحمن وزملائه عند حساب التقوس وسوف يتم شرح هذه الطريقة عند معالجة** التقوس .

١١- قام الطالب بحساب نسبة التحدب والتقوس بقسمة المسافات الأرضية للعناصر المحدبة على نسبة أطوال المسافات الأرضية للعناصر المقعرة ، فإذا زاد الناتج عن الواحد الصحيح دل ذلك

على سيادة العناصر المحدبة والعكس صحيح ويفيد ذلك في معرفة العوامل المشكلة للمنحدرات (Doornkamp& King, 1971, p. 138) .

١٢- دراسة أشكال المنحدرات السائدة على جوانب وادي وتير في قطاعيه الأدنى والأعلى لمعرفة أهم العوامل المسئولة عن تشكيل المنحدرات .

١٣- دراسة العوامل المشكلة للمنحدرات ثم دراسات العمليات السائدة على هذه المنحدرات في الوقت الحاضر .

١٤- دراسة تطور المنحدرات والمراحل التي مرت بها حتى تظهر بشكلها الحالي والتعرض لنظريات تطور المنحدرات القديم منها والحديث .

ثانيا : أسس اختيار القطاعات الميدانية :

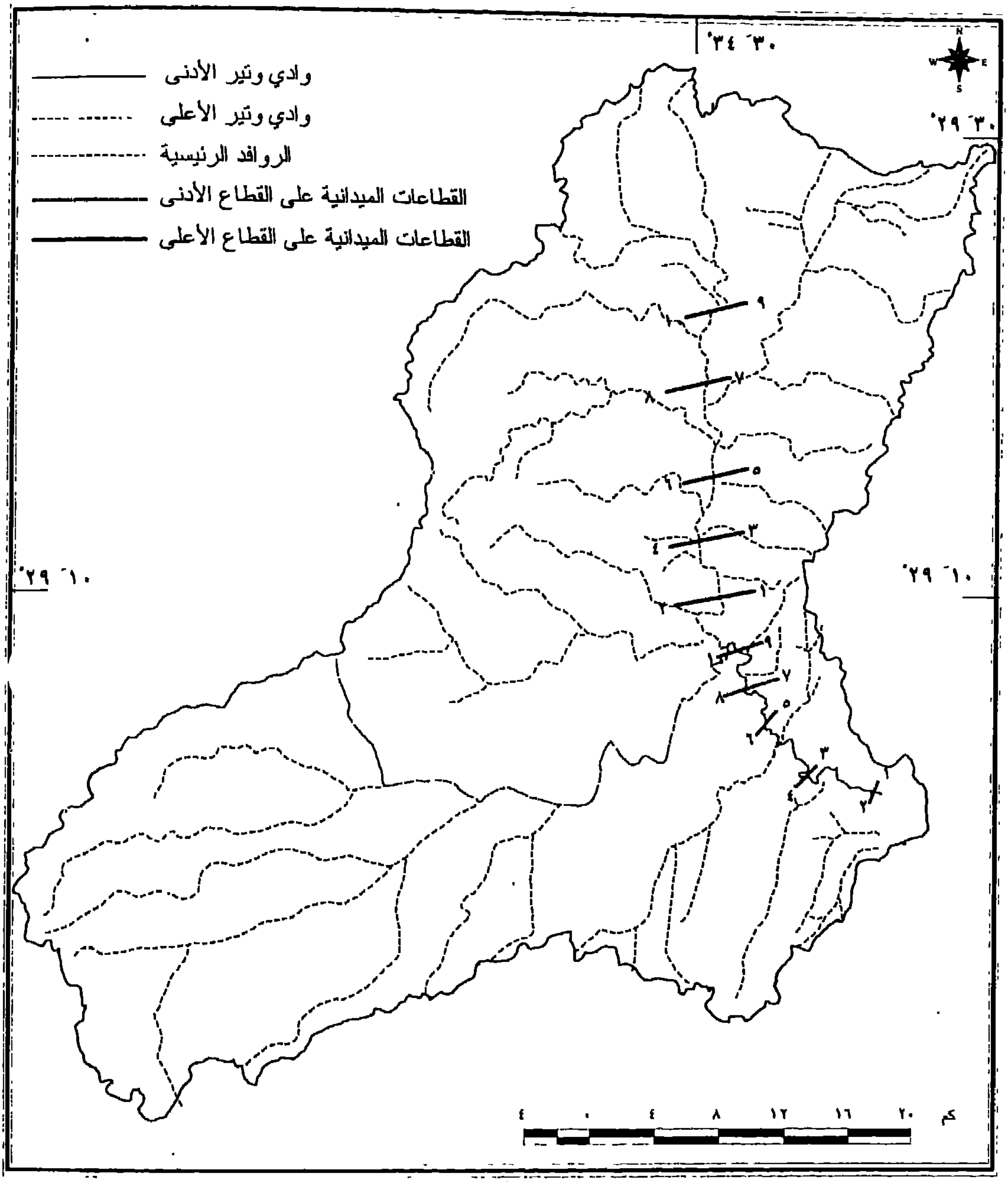
تم اختيار القطاعات الميدانية بناءاً على مجموعة من الاعتبارات يمكن إيجازها فيما يلي:

١- أن تمثل هذه القطاعات جوانب الوادي تمثيلا دقيقاً من الناحية الليثولوجية ، فقد تم قياس ٢٠ قطاعاً على جوانب الوادي الرئيسي ، وزعت على التكوينات الجيولوجية المختلفة ، فالوادي يخترق الصخور النارية في الجزء الأدنى منه ولمسافة تزيد عن ٣٥كم ، ولذا فقد تم أخذ ١٠ قطاعات في هذا الجزء ، ثم التكوينات الرسوبية في الجزء الأوسط والأعلى من الوادي وتم قياس ١٠ قطاعات على هذا الجزء ، شكل (٥-١).

٢- روعي عند قياس القطاعات الميدانية على الوادي الرئيسي أن تأخذ في الاعتبار اختلاف عرض المجرى الرئيسي والذي يتراوح عرض بين ١١ متراً وأكثر من ١٠٠٠ متراً حيث تم قياس ١٠ قطاعات في الجزء الخانقي والذي يبلغ طوله نحو ٤٠ كم و١٠ قطاعات في الجزء الأعلى من الوادي والذي أطلقنا عليه من قبل وتير الأعلى حيث يتسم الوادي في هذا الجزء باتساع قاعه وتباعد حافاته .

٣- تم قياس بعض القطاعات على نهايات البروزات Spurs بين الوادي الرئيسي وبعض الروافد الرئيسية مثل غزالة والزلقة والصوانة ، كذلك فقد أخذ في الاعتبار عند اختيار هذه القطاعات أن تكون ممثلة للوحدات الجيولوجية التي سبق أن أوضحناها .

٤- نتيجة لأن الوادي يخترق مناطق متباينة ليثولوجياً وبالتالي فإن جوانب الوادي في القطاع الذي يجرى فيه الوادي في الصخور النارية تتسم بمجموعة من الخصائص التي تختلف بدورها عن خصائص جوانب الوادي في النطاق الشمالي (الأعلى) من الوادي إذ يجرى الوادي في منطقة الصخور الرسوبية وبالتالي قام الطالب بدراسة خصائص منحدرات جوانب الوادي في



شكل (٥-١)

مواقع القطاعات الميدانية على وادي وتير

كل قسم من القسمين السابقين على حدة وذلك للخروج بالخصائص العامة وأشكال المنحدرات وتطورها في كل جزء ويتضح من خلال جدول (٥-١) وشكلا (٥-٢-أ) (٥-٢-ب) ما يلي :

أ - بلغ إجمالي أطوال القطاعات المختارة أكثر من ٥,٥٠ كم منها نحو ١,٧ كم في الصخور النارية ونحو ٣,٨كم في الصخور الرسوبية ويأتي هذا التباين في الأطوال على الرغم من تساوي عدد القطاعات في كل من الصخور النارية والرسوبية نتيجة لاتساع الوادي في القطاع الشمالي مقارنة بالقطاع الأدنى .

ب - بلغ متوسط طول القطاع ٢٧٩ متر على مستوى الوادي ككل ، بينما بلغ متوسط طول القطاع في الجزء الأدنى من الوادي نحو ١٧٥ متر ، وبلغ متوسط طول القطاع في الجزء الأعلى من الوادي نحو ٣٨٣متر .

ج - تراوحت درجة الانحدار بين ٧,٧٦ درجة و٤٢,١٨ درجة بمتوسط ٢٨,٢٧ درجة لقطاعات الوادي ككل ، وبلغ متوسط درجة الانحدار في الجزء الأدنى من الوادي (في الصخور النارية) نحو ٣٧ درجة بينما سجل الجزء الأعلى من الوادي (الصخور الرسوبية) نحو ١٩,٧ درجة ولا شك أن أثر عامل الصخر (ليثولوجيا وبنيويا) يتضح في اختلاف درجات الانحدار ، ففي الجزء الأدنى من الوادي تتسم الانحدارات بشدتها كما يتسم الوادي بضيقة والذي يصل في بعض الأحيان لأقل من ١٥ متر ، صورة (٥-١-أ) ، (٥-١-ب) وعلى الجانب الأخر وفي نطاق الصخور الرسوبية نجد أن المنحدرات تتسم بقلة انحداراتها واتساع قاع الوادي الذي يصل في بعض الأحيان لأكثر من ١٠٠٠ متر ، صورة (٥-٢).

ثالثا : تحليل زوايا الانحدار Angle Frequency

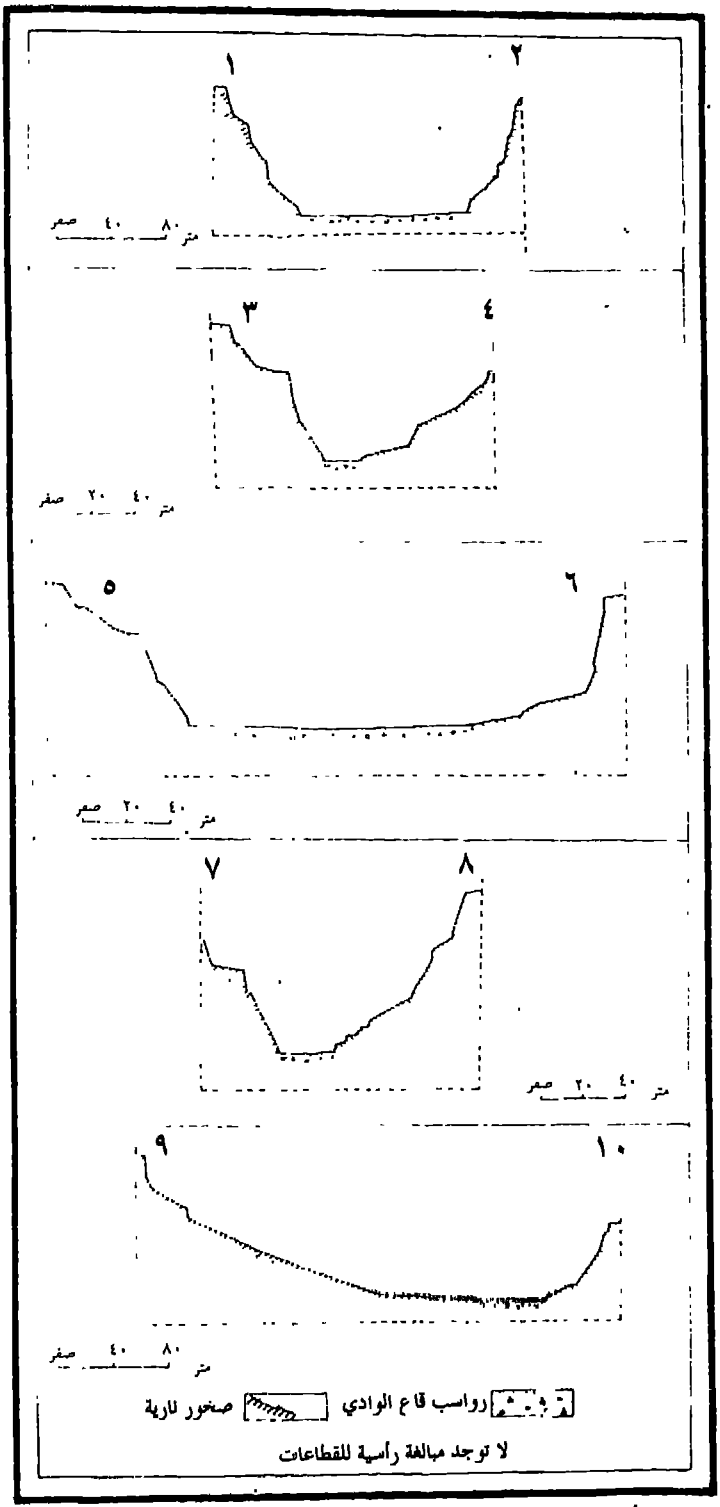
تمر عملية تحليل زوايا الانحدار بمجموعة من الخطوات هي :

١- ترتيب زوايا الانحدار من صفر - ٩٠ .

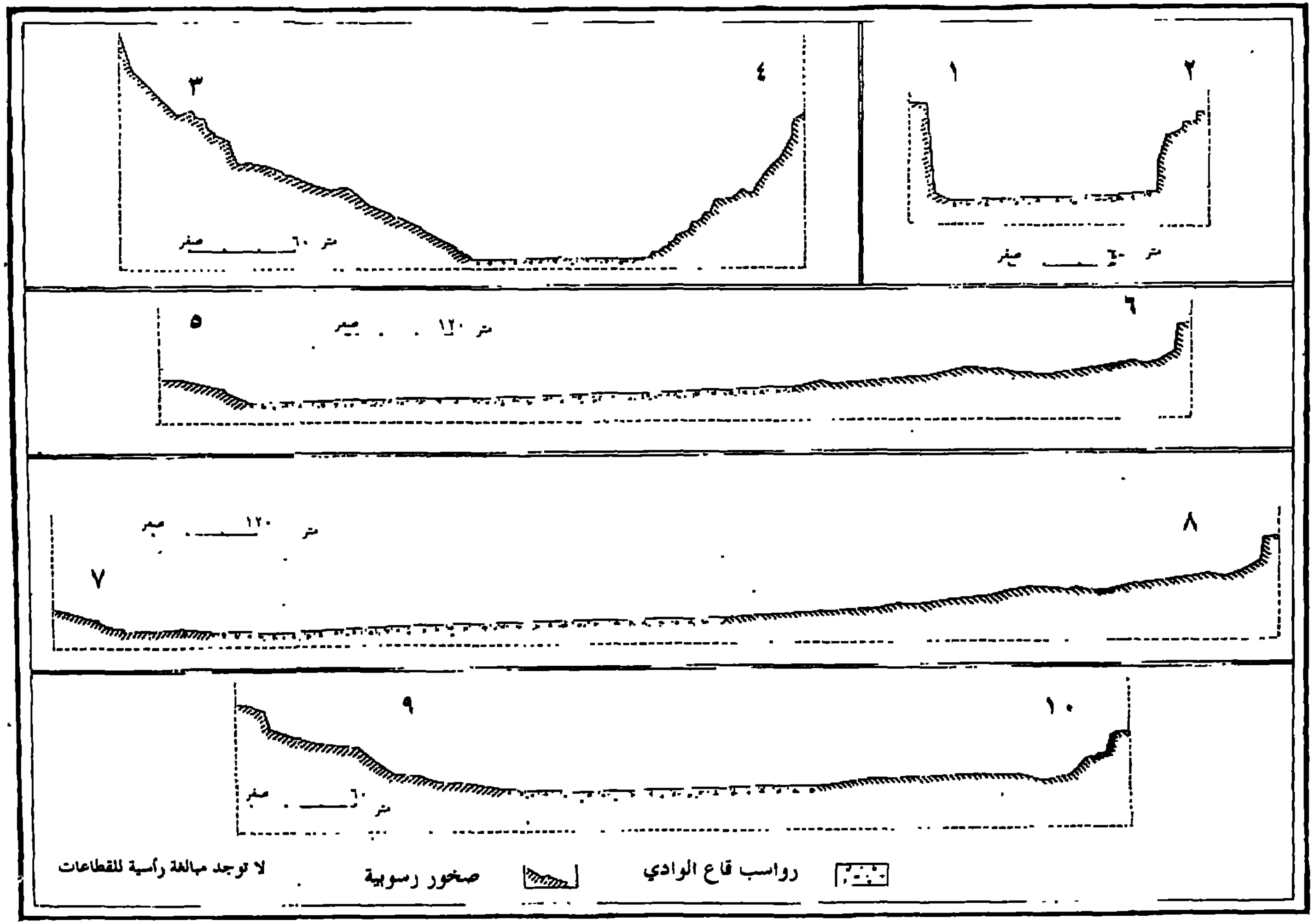
٢- جمع المسافات الأرضية التي تمثلها كل زاوية انحدار .

٣- حساب النسب المئوية لكل زاوية من زوايا الانحدار .

٤- رسم المدرجات التكرارية (الهستوجرام) لتوضح النسبة المئوية التي تشغلها كل زاوية **(أمبابي ، عاشور ، ١٩٨٣ ، ص ١٢١) وتفيد دراسة التوزيع التكراري في المقارنة بين توزيع** زوايا الانحدار والتعرف على أوجه الاختلاف والتشابه بين مجموعات زوايا الانحدار وذلك لإبراز الخصائص الجيومورفولوجية وأثر العوامل المختلفة التي تؤثر على القطاعات العرضية لجوانب الوادي .



شكل (٥-٢-أ) القطاعات الميدانية على القطاع الأدنى للوادي

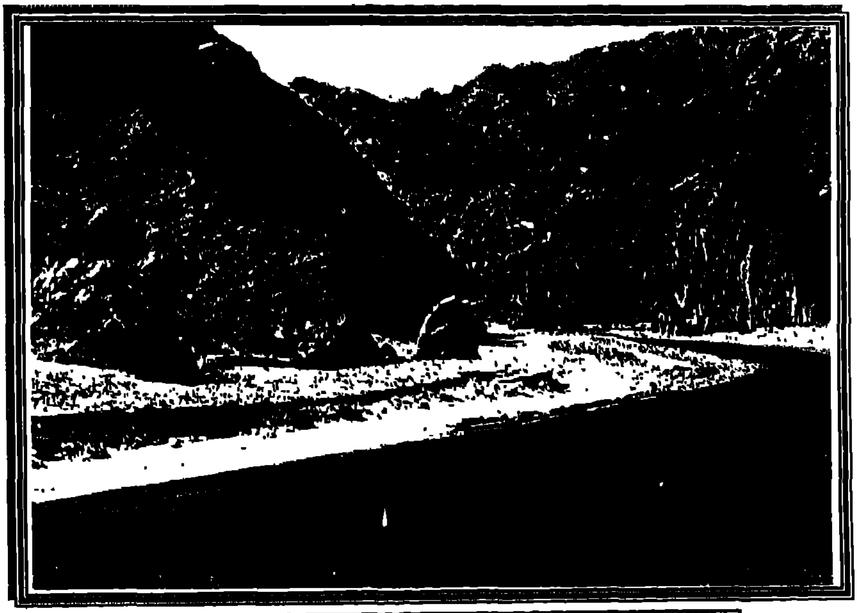


شكل (٥-٢-ب)

القطاعات الميدانية على القطاع الأعلى للوادي

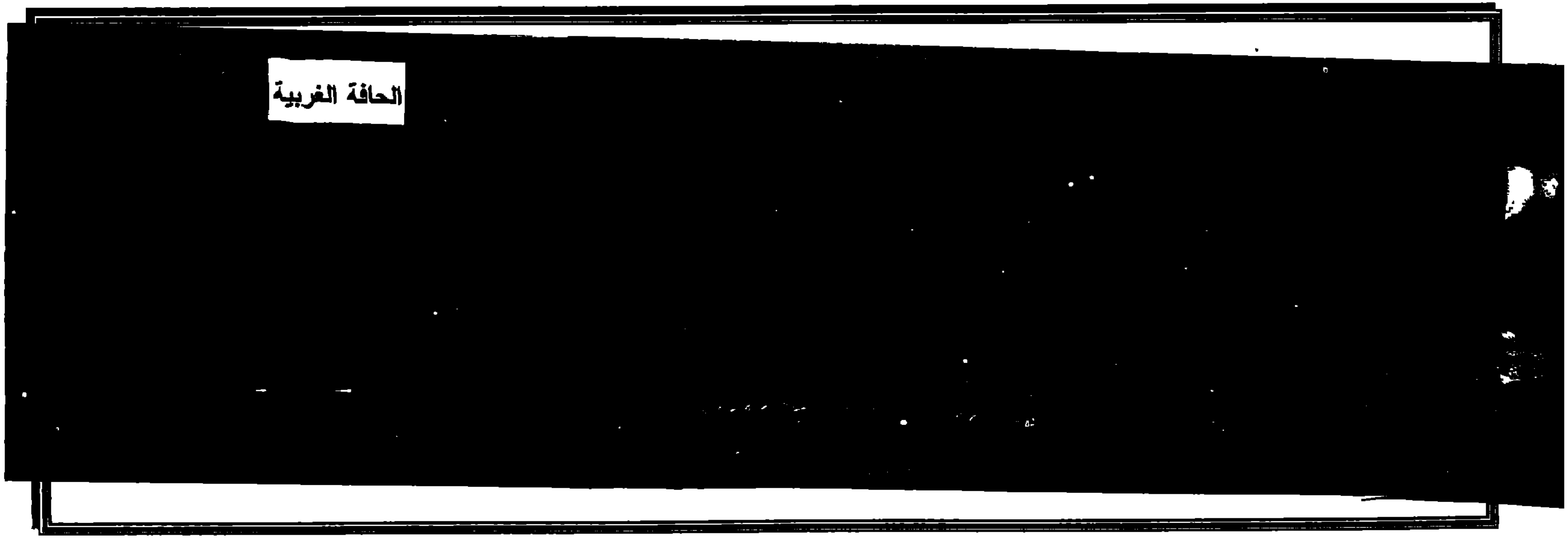
صورة (٥-١-أ)

الانحدارات الشديدة في الجزء الأدنى من الوادي
"ناظراً صوب الجنوب الشرقي"



صورة (٥-١-ب)

ضيق قاع الوادي في الجزء الأدنى من الوادي في نطاق الصخور النارية
"ناظراً صوب الشمال الغربي"



صورة (٥-٢) منحدرات الجزء الأعلى من الوادي حيث تتباعد حافات الوادي ويصل قاع الوادي لأقصى اتساع له "على بعد ٧٠ كم من مخرج الوادي" "ناظراً صوب الشمال الشرقي "

٥-تحديد الزوايا الحدية والزوايا الشائعة [١]

٦- تحديد مجموعات زوايا الانحدار طبقا لتصنيف ينج (Young, 1972, p. 173) .

أ - تحليل زوايا انحدار جوانب وادي وتير ككل

من خلال القطاعات العشرين التي تم قياسها على جوانب الوادي بأكمله ، جدول (٥-٢) ، يمكننا تصنيف زوايا الانحدار إلى :

١-تشكل الانحدارات شبه المستوية (صفر - ٢°) نحو ٣٨٪ من جملة أطوال المسافات الأرضية أو نحو ٢١٢٤ متر تقريبا ، شكل (٥-٣) ، وتتمثل هذه الأجزاء في قاع الوادي وبدايات القطاعات كما تتمثل في بعض الأجزاء المستوية التي تفصل بين الأجزاء شديدة الانحدار على جوانب الوادي .

جدول (٥-٢) تصنيف زوايا الانحدار على جوانب الوادي [٢]

فئات الانحدار	المسافة الأرضية (متر)	النسبة (%)	الزاوية الحدية العليا	الزاوية الحدية الدنيا	الزاوية الشائعة	نوع الانحدار
صفر - ٢	٢١٢٤,٦	٣٨	٢	صفر	١	لطيف جدا
٢ - ٥	٧٧٠	١٣,٩	٥	٢	٣	لطيف
٥ - ١٠	٤٤٠,٥	٧,٩	١٠	٥	٦	متوسط
١٠ - ١٨	٦٢٦,٤	١١,٣	١٨	١٠	١٤	فوق المتوسط
١٨ - ٣٠	٤٨٣,٩	٨,٧	٣٠	١٨	٢٢	شديد
٣٢ - ٤٣	٢٣٩,٥٤	٤,٣	٤٥	٣٠	٤٢	شديد جدا
٤٥ - ٩٠	٨٤٩,٥٨	١٥,٣٥	٨٩	٤٥	٨٦	جروف شديدة الانحدار

٢- تشكل الانحدارات اللطيفة (٢ - ٥) نحو ١٣,٩٪ من إجمالي أطوال المسافات الأرضية المقاسة بطول يبلغ نحو ٧٧٠ متر وترتبط هذه الانحدارات بالأجزاء الدنيا من منحدرات نهاية

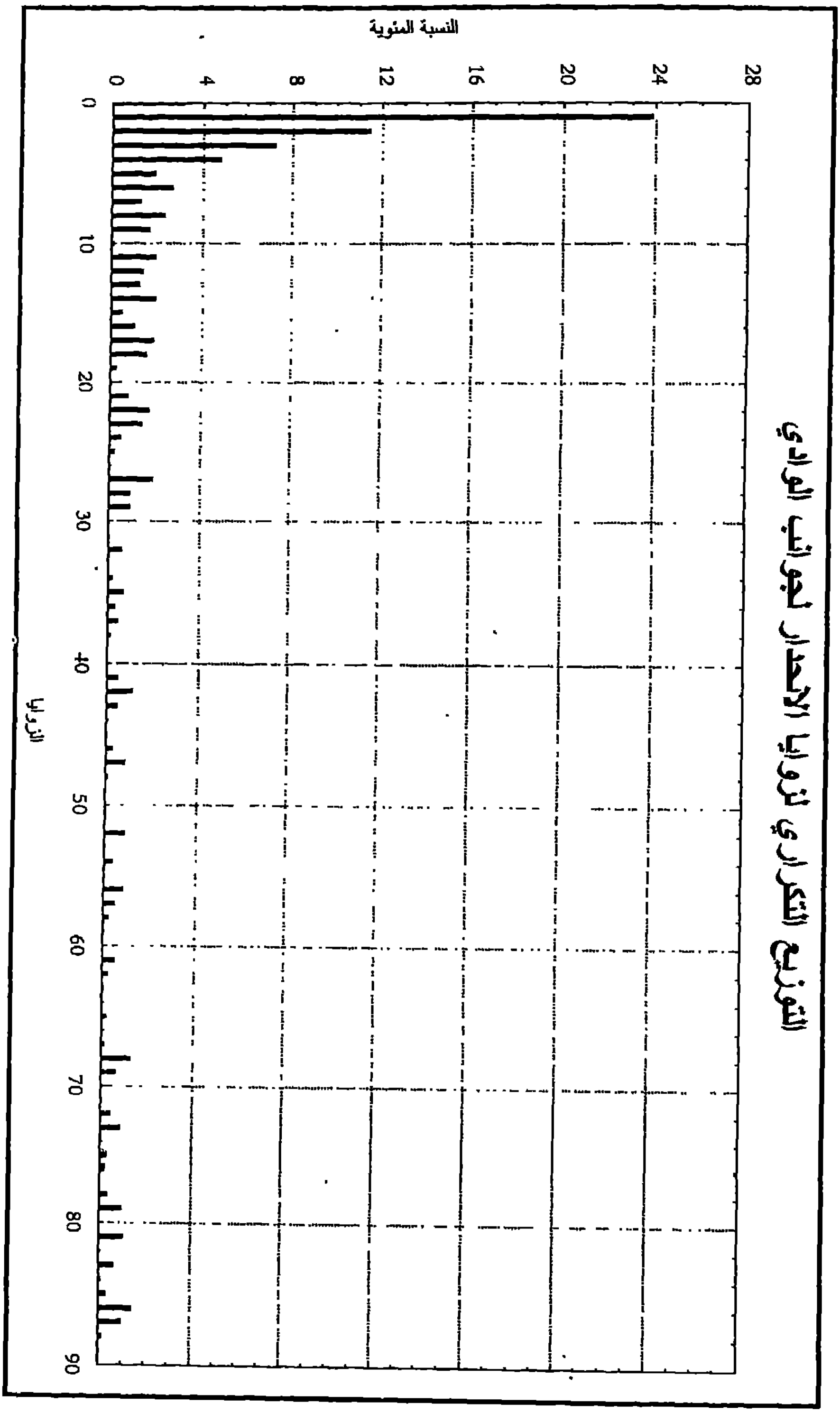
---

(١) تعريف الزوايا الحدية والزوايا الشائعة (Young, 1972, p. 163 – 165) .

الزوايا الحدية **Limiting Angles** هي تلك الزوايا التي تصف مدى معين من زوايا الانحدار تحدث خلاله أشكال وعمليات محددة في ظل ظروف مناخية وجيولوجية معينة ، وتضم الزوايا الحدية العليا والدنيا .

الزوايا الشائعة : هى الزوايا الأكثر شيوعا على كل المنحدر أو على جزء منه وتظهر على شكل أنماط في الشكل البياني الممثل لتوزيع زوايا الانحدار.

(٢) طبقا لتصنيف ينج (Young, 1972, 173) مع بعض التعديلات الطفيفة لأن بعض الزوايا لا تمثلها أية مسافات أرضية مثل الزوايا ٣١ ، ٤٤ ، ٤٥.


التوزيع التكراري لزوايا الانحدار لجوانب الوادي
النسبة المئوية
0
4
8
12
16
20
24
28
الزوايا
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90

شكل (٥-٣)

البروزات ، وتتركز هذه الانحدارات في القطاعات المقاسة على جوانب الوادي في النطاق الأعلى الذي يتألف من الصخور الرسوبية .

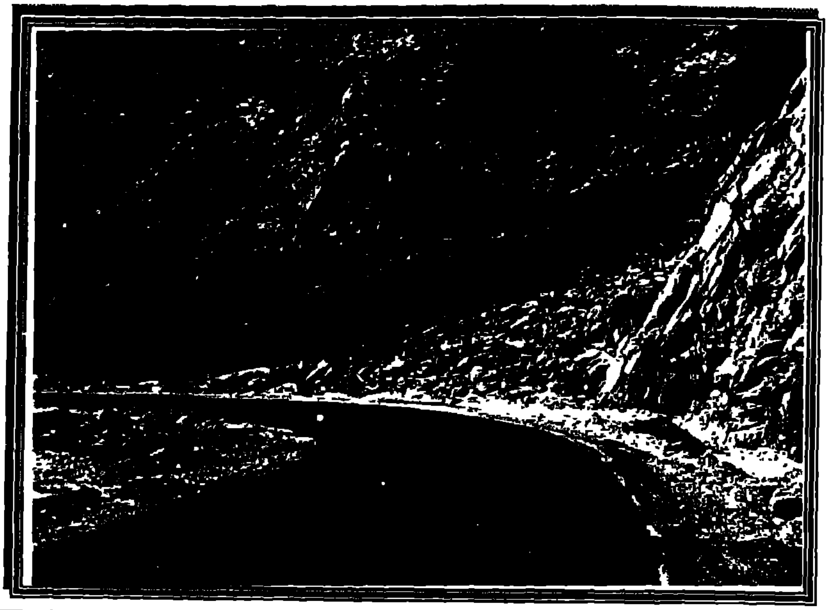
٣- تشكل الانحدارات المتوسطة (٥ - ١٠) نحو ٧,٩٪ من إجمالي أطوال القطاعات المقاسة ، وتشكل الزاوية الحدية الدنيا (٥) نحو ١,٩ ٪ ، في حين تشكل الزاوية الحدية العليا نحو ٠,١١٪ فقط بينما شكلت الزاوية الشائعة نحو ٢,٦٪ من جملة الأطوال، وتتركز هذه الانحدارات في بعض أجزاء القطاعات المقاسة وخاصة بعض المراوح الفيضية المنتشرة في قاع الوادي الرئيسي .

٤- تشكل الانحدار فوق المتوسطة (١٠ - ١٨) نحو ١١,٣ ٪ من جملة الأطوال المقاسة وتنتشر تقريبا في كل القطاعات التي تم قياسها وتشكل الزاوية الشائعة (١٤) نحو ١,٩٪ من جملة الأطوال ، بينما تشكل الزاوية الحدية الدنيا نحو ٠,١١٪ والزاوية الحدية العليا نحو ١,٥٪ .

٥- تشكل الانحدارات الشديدة (١٨ - ٣٠) نحو ٨,٧٪ من إجمالي أطوال القطاعات المقاسة وتشكل الزاوية الحدية العليا (١٨) نحو ٠,٢٥ ٪ من إجمالي الطول ، والزاوية الحدية العليا نحو ٠,٠٣٪ ، في حين سجلت الزاوية الشائعة نحو ١,٧٪ من إجمالي أطوال القطاعات ، وتنتشر هذه الانحدارات في بعض الأجزاء في نطاق الصخور النارية والرسوبية معا ، وتنتشر بهذه الفئة بعض مخاريط الهشيم والتي وصل انحدار بعضها في بعض الأحيان نحو ٢٤° .

٦- تشكل الانحدارات الشديدة جدا (٣٢ - ٤٣) نحو ٤,٣٪ من جملة أطوال القطاعات المقاسة، وسجلت الزاوية الحدية الدنيا (٣٢) نحو ٠,١٢٪ ، في حين بلغ ما سجلته الزاوية الحدية العليا (٤٣) نحو ٠,٤٦٪ وتنتشر هذه الانحدارات بصورة كبيرة في الجزء الأدنى من الوادي والذي يتألف من الصخور النارية التي تنتشر بها القواطع الأفقية والراسية والتي يسهل نحتها وبالتالي تشغلها بعض المسيلات المائية شديدة الانحدار والتي في أحيان كثيرة ما تقطع جوانب الوادي ، صورة (٥-٣-أ) (٥-٣-ب).

٧- **تشكل فئة الجروف (٤٥ - ٩٠) نحو ١٥,٣٪ من إجمالي أطوال القطاعات المقاسة** وهي بهذه النسبة تشغل المرتبة الثانية بعد فئة الانحدارات شبه المستوية (صفر - ٢) ، وقد سجلت الزاوية الشائعة (٨٦) نحو ١,٤٪ من إجمالي أطوال المسافات الأرضية ، وتتركز هذه الفئة بصفة أساسية في الجزء الأدنى من الوادي الذي تشغله الصخور النارية والمتحولة ولا شك أن عامل البنية قد لعب دورا كبيرا في ارتفاع نسبة هذه الفئة ، فكما ذكرنا أن الجزء الأدنى



صورة (٥-٣-أ) أحد السدود الأفقية أدى تأكله إلى شدة الانحدار بالقرب من طريق نويبع -نقب
"ناظراً صوب الشمال الغربي"

صورة (٣-٢)

تتابع الطبقات الصلبة مع الطبقات اللينة في صخور الحجر الجيري
وانتشار ظاهرة التقشر في الطبقات العليا
"ناظراً صوب الغرب"

المؤلف من الصخور النارية قد شهد عمليات نشاط باطني استمرت فترة طويلة وارتبط بتطور خليج العقبة وعملية الرفع التي أصابت شرق مصر بصفة عامة وجنوب سيناء بصفة خاصة . كذلك تتمثل هذه الانحدارات في بعض حافات المدرجات النهرية وخاصة المدرجات الأحدث (٩ ، ٦ ، ٣ متر) ، كما لا نتوقع ثبات أي نوع من المفتتات فوق أسطح هذه الفئة ولكن تنتشر عمليات التجوية بنوعيها وكذلك تتعرض أسطح الصخور لعمليات الغسل المستمر في حالة سقوط الأمطار ، صورة (٥-٤) ، (٥-٥) .

٨- يختفي وجود بعض الزوايا من كل القطاعات وهي على الترتيب (٢٦ ، ٣١ ، ٣٣ ، ٣٩ ، ٤٠، ٤٤ ، ٤٥ ، ٤٩ ، ٥٠ ، ٥٣ ، ٥٥ ، ٥٩ ، ٦٠ ، ٦٦ ، ٧٤ ، ٧٧ ، ٨٠ ، ٩٠) وتظهر بقية الزوايا متمثلة في الفئات المختلفة للانحدار .

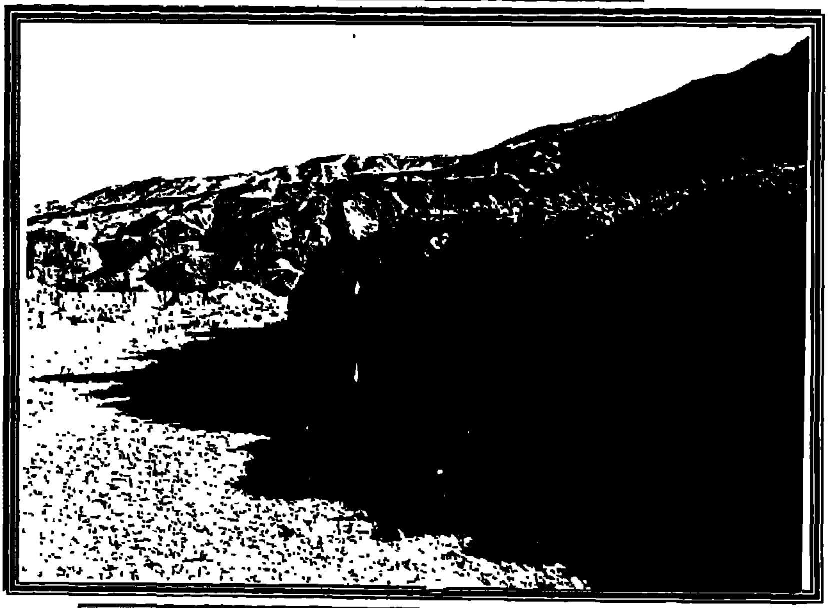
ومما سبق يتضح أن جوانب الوادي تتسم بصفة عامة بسيادة الانحدارات الخفيفة ويليها الجروف ، ولا شك أن عامل الصخر وطبيعة النشأة قد لعب دورا كبير في اختلاف أشكال المنحدرات ، ونتيجة لاختلاف نوع الصخر في الجزء الأدنى من الوادي عنه في الجزء الأعلى فإن دمج قطاعات الاثنين معا يؤدي إلى نوع من العمومية المطلوبة لفهم الإطار العام لمنحدرات جوانب الوادي بأكمله ، ولكن على الرغم من ذلك ينبغي إبراز الاختلافات في أشكال المنحدرات في الجزء الأدنى من الوادي الذي يتألف من الصخور النارية والجزء الأعلى من الوادي الذي يتألف من الصخور الرسوبية ، وذلك عن طريق الدراسة المفصلة لكل قسم على حده كما يلي :

ب - التوزيع التكراري لزوايا الانحدار في الجزء الأدنى من الوادي (الصخور النارية) .

١- بلغ عدد القطاعات التي قيست في هذا الجزء عشرة قطاعات موزعة بالتساوي أو شبه التساوي على هذا القسم بأكمله ، وقد بلغت جملة أطوال هذه القطاعات نحو ١٦٩٠ متر،بنسبة ٣٠٪ من إجمالي أطوال القطاعات بأكملها ، وقد جاءت نتائج تحليل زوايا الانحدار كما يلي :

صورة (٥-٤)

منحدرات الجروف على جوانب وادي وتير "لاحظ عدم وجود أية رواسب سوى في الجزء الأدنى من المنحدر" "ناظراً صوب الجنوب الشرقي"



صورة (٥-٥)

حافات مدرج ١,٥-٢ متر وتظهر في صورة رأسية تماماً

جدول (٥ – ٣) تصنيف زوايا الانحدار على الجزء الأدنى من الوادي

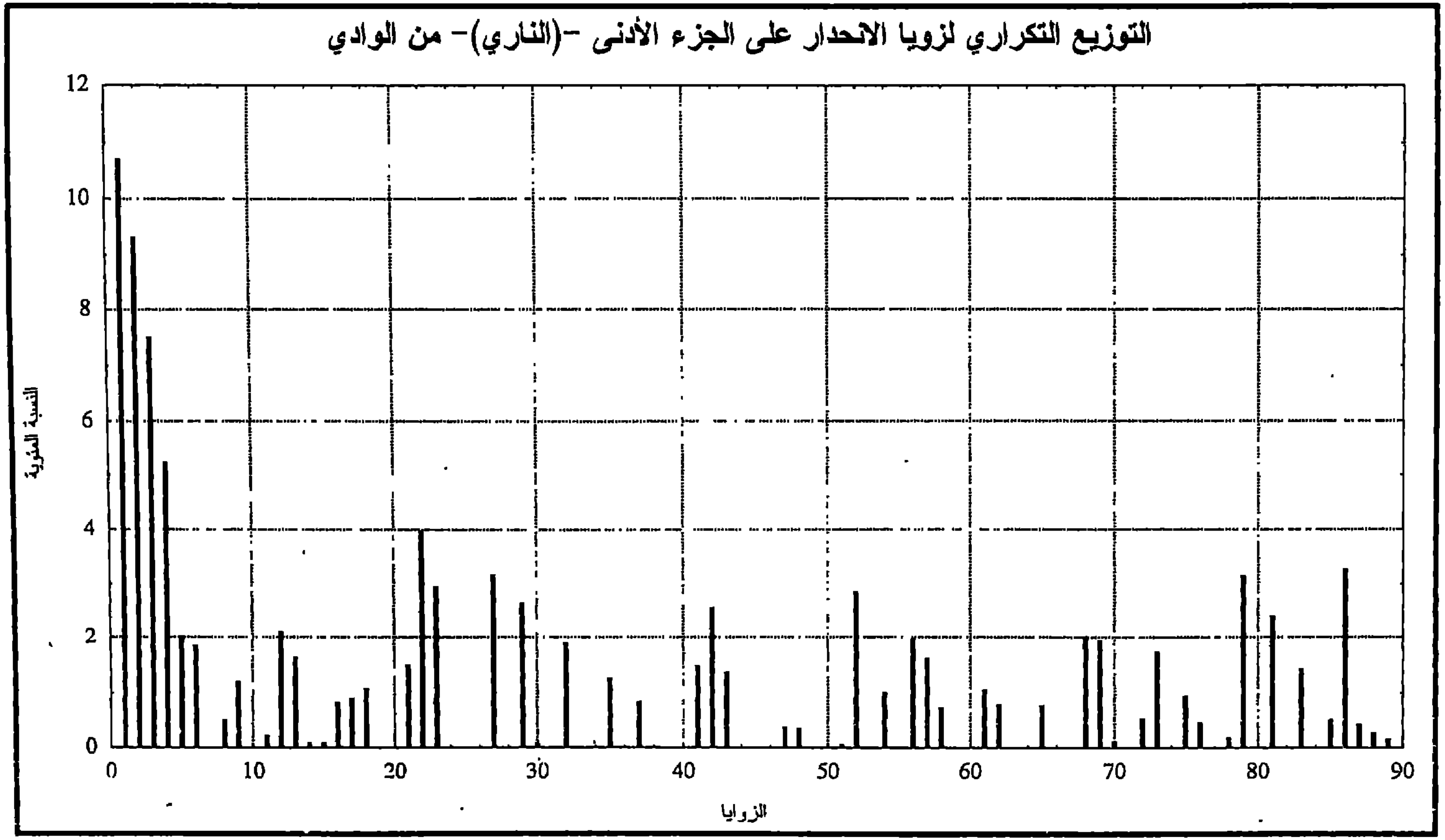
فئة الانحدار	المسافة الأرضية	النسبة المئوية	الزاوية الحدية الدنيا	الزاوية الحدية العليا	الزاوية الشائعة	نوع الانحدار
صفر – ٥	٥٨٥,٢	٣٤,٦	١	٤	١	خفيف
٥ – ١٠	٦٠,٣	٣,٥	٥	٩	٦	متوسط
١٠ – ١٨	.١١٧,١٥	٦,٩٢	١٠	١٧	١٢	فوق المتوسط
١٨ – ٣٠	٢٤٢,٤	١٤,٣	١٨	٢٩	٢٢	شديد
٣٠ – ٤٥	١٥٩,٢٤	٩,٤	٣٠	٤٤	٤٢	شديد جدا
٤٥ – ٧٠	٢٦٣,٥	١٥,٦	٤٥	٦٩	٥٢	جروف
٧٠ – ٩٠	٢٦٣,٢١	١٥,٢٦	٧٠	٩٠	٨٦	رأسي

من خلال جدول (٥-٣) وشكل (٥-٤) اتضح ما يلي :

١- تبلغ جملة أطوال فئة الانحدار الخفيف (صفر – ٥) نحو ٥٨٥ متر أي ما يقدر بنحو ٣٤,٦٪ من جملة الأطوال ، وهى بالتالي تشكل أعلى النسب بين فئات الأنحدار، وهذا ما أشار إليه ينج (Young, 1972, P.167) من أن فئات الإنحدار الخفيف تمثل المظهر الرئيسي على المنحدرات ويرجع ذلك على عامل التطور الذي تمر به المنحدرات إذ أن الانحدارات الشديدة والجروف تتعرض للتغير بسرعة سواء عن طريق التراجع او عن طريق تأثير عمليات التعرية ، وبناءا على ذلك فإن توزيع زوايا الانحدار تظهر التطور الجيومورفولوجي للمنحدرات ، وتشكل الزاوية الحدية الدنيا نحو ٩٪ من إجمالي الأطوال في حين تشكل الزاوية الحدية العليا نحو ٢٪ من جملة الأطوال المقاسة وسجلت الزاوية الشائعة نحو ١٠,٧٪ من جملة المسافات الأرضية المقاسة.

٢- تشكل فئة الجروف (٤٥ -٧٠) وفئة الانحدارات الرأسية (٧٠ -٩٠) نحو ٣١٪ من إجمالي الأطوال المقاسة وهي بذلك تحتل المرتبة الثانية ، وتشكل الزوايا الشائعة لهاتين الفئتين – ٥٢ ، ٨٦ –نحو ٢,٨٪ ، ٣,٢٪ من مجموع أطوال المسافات الأرضية على التوالي.

٣- **وبصفة عامة يتضح أن الانحدارات الشديدة والرأسية تشكل معظم أجزاء هذا الجزء الذي** تعرض لعمليات تكتونية عديدة عملت على اتخاذ الوادي الشكل الخانقي لمسافة نحو ٤٠كم من مخرجه ، كما كان لضيق الوادي في هذا الجزء أثره في قلة الانحدارات الخفيفة المتمثلة في قاع الوادي وزيادة نسبة الانحدارات الشديدة والرأسية.


التوزيع التكراري لزويا الانحدار على الجزء الأدنى -(الناري)- من الوادي
النسبة المئوية
0
2
4
6
8
10
12
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90
الزوايا

شكل (٥-٤)

٤- تشكل فئة الانحدارات الشديدة جدا (٣٠-٤٥) نحو ٩,٤٪ من إجمالي أطوال القطاعات المقاسة، وتشغل الزاوية الحدية الدنيا نحو ٠,١٪ في حين تشغل الزاوية الحدية العليا نحو ١,٤٪ ، بينما سجلت الزاوية الشائعة - ٤٢ - نحو ٢,٦٪ ، وربما ترجع زيادة نسبة الانحدارات الشديدة بصفة عامة في هذا الجزء من الوادي إلى أن الوادي يعيش مرحلة الشباب بكل خصائصها في هذا الجزء ، على الرغم من أن هذا الجزء يمثل الجزء الأدنى من الوادي وكان من المفروض أن يلي الجزء الأعلى من الوادي في مرحلة التطور الجيومورفولوجي ولكن ربما يرجع ذلك إلى طبيعة التكوينات الجيولوجية في هذا الجزء وكذلك إلى التاريخ الجيولوجي لهذا الجزء وارتباطه بحركة الرفع التي صاحبت الخسف الأخدودي لخليج العقبة.

٥- لا تشكل الانحدارات فوق المتوسطة Moderately steep (١٠ -١٨) سوى ٦,٩٪ فقط من إجمالي أطوال المسافات الأرضية للقطاعات الميدانية المختارة ، وتشكل الزاوية الحدية الدنيا نحو ٠,٢٪ ، وتشكل الزاوية الحدية العليا نحو ١,١٠٪ ، وسجلت الزاوية الشائعة (١٢) نحو ٢,١٪ من جملة المسافات الأرضية.

٦- تصل نسبة الانحدارات المتوسطة (٥ - ١٠) نحو ٣,٥٪ من جملة الأطوال ، وتشكل الزاوية الشائعة (٦) نحو ١,٨٪ من جملة المسافات الأرضية للقطاعات المأخوذة في الجزء الأدنى من الوادي وكما سبق وأشرنا فإن الانحدارات المتوسطة والخفيفة تقل نسبتها مقارنة بالانحدارات الشديدة والشديدة جدا والجروف والانحدارات الرأسية التي تسود في هذا الجزء نظرا لطبيعة التكوينات التي يخترقها الوادي في هذا الجزء وانتشار نظم الصدوع والفواصل المختلفة.

ج - التوزيع التكراري لزوايا الانحدار في الجزء الأعلى من الوادي (الصخور الرسوبية) .

بلغ عدد القطاعات التي تم قياسها في هذا الجزء عشرة قطاعات بلغ إجمالي أطوالها ٣٨٤٢ متر بمتوسط ٣٨٤ متر للقطاع الواحد ، وتتسم منحدرات جوانب الوادي في الجزء ببعض الخصائص التي تميزها عن الجزء الأدنى وهي كما يلي:

١- تتسم منحدرات جوانب الوادي في الجزء بقلة ارتفاعها حيث لم يتعدى الارتفاع المحلي أكثر من ٢٥٠ متر فوق قاع الوادي بينما وصل ارتفاع جوانب الوادي في القسم الأدنى (الخانق) لأكثر من ٣٥٠ متر في بعض الأماكن.

٢- يتسم قاع الوادي باتساعه والذي يصل في بعض الأحيان لأكثر من ١٠٠٠ متر وكان من نتيجة ذلك أن زادت نسبة الانحدارات الخفيفة والمتوسطة مقارنة بالانحدارات الشديدة والرأسية.

٣- يتسم قاع الوادي في هذا الجزء بظهور بعض المدرجات النهرية على ارتفاعات مختلفة مثل (١٥،٩،٦،٣ متر).

٤- إذا كانت المسيلات المائية شديدة الانحدار هي المظهر المميز لمنحدرات جوانب الوادي في الجزء الأدنى فإن مخاريط الهشيم Talus والمراح الفضية المتسعة وفجوات التجوية والكهوف هي أهم المظاهر الجيومورفولوجية التي تميز منحدرات جوانب الوادي في الجزء الأعلى أو في نطاق الصخور الرسوبية.

ويعتقد الطالب بأن الوادي في الجزء الأعلى يعيش في مرحلة النضج حيث تتضح أهم سماتها في ابتعاد جوانب الوادي واتساع قاع الوادي وانتشار الرواسب النهرية على جانبي الوادي في صورة مجموعة من المدرجات النهرية ، أما الجزء الأدنى فإنه يمر بمرحلة الشباب بكل سماتها التي تتسم بضيق الوادي وارتفاع جوانبه وشدة انحدارها إلى جانب وجود نمط الثنيات المتعمقة Incised Meander التي تكونت نتيجة للظروف الليثولوجية والبنيوية.

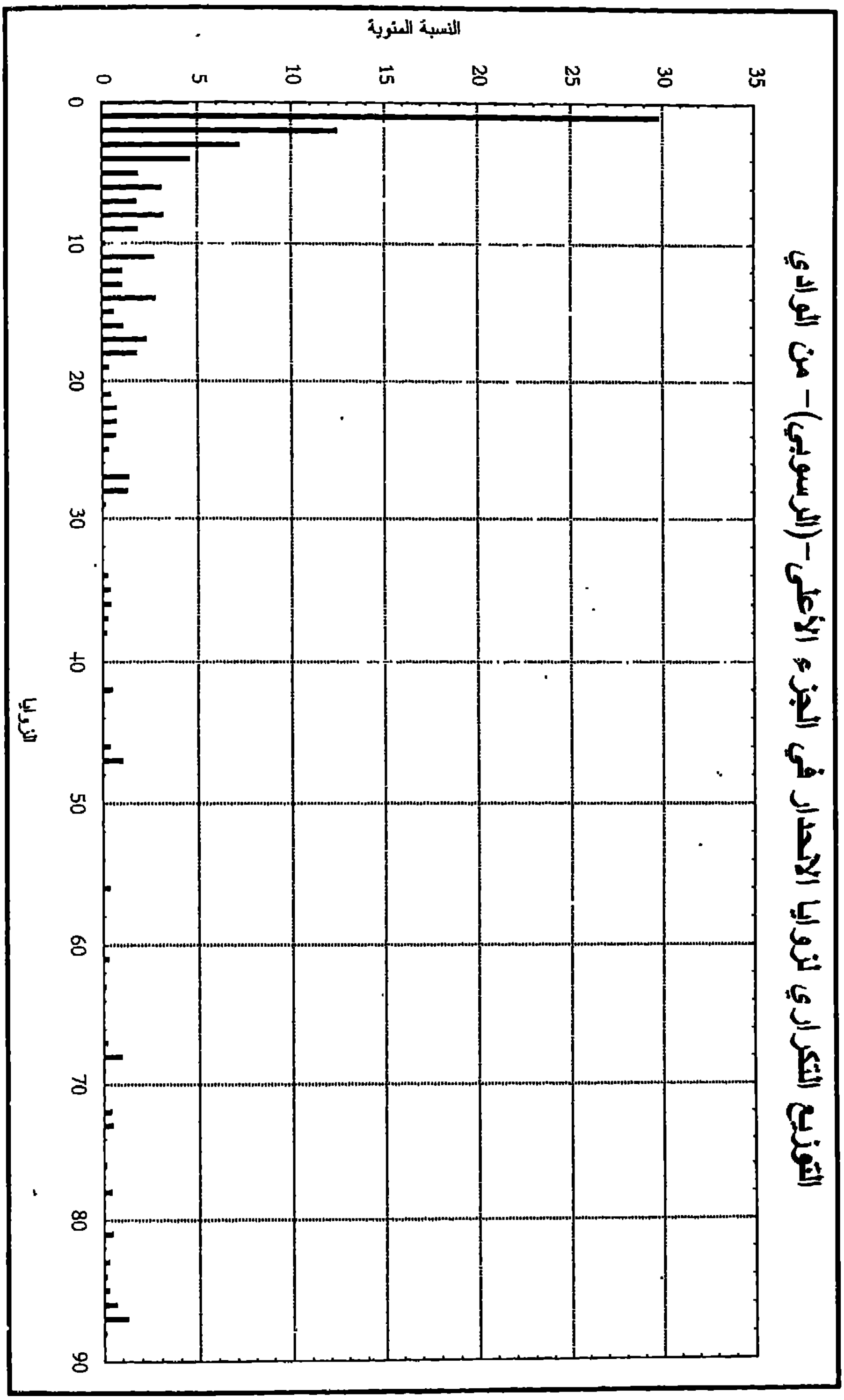
ومن خلال الجدول التالي وشكل (٥-٥) يتضح توزيع الانحدارات في الجزء الأعلى من الوادي.

جدول (٥-٤) تصنيف زوايا الانحدار في الجزء الأعلى من الوادي

فئات الانحدار	المسافة الأرضية (متر)	النسبة (%)	الزاوية الحدية الدنيا	الزاوية الحدية العليا	الزاوية الشائعة	نوع الانحدار
صفر-٢	١٧٨٦,٦	٤٦,٥	صفر	٢	١	مستوى أو شبه مستو
٢-٥	٥٢٢	١٣,٦٠	٢	٥	٣	خفيف
٥-١٠	٣٨٠,٢	٩,٩١	٥	٩	٨	متوسط
١٠-١٨	٤٥٥	١١,٨	١٠	١٧	١٤	فوق المتوسط
١٨-٣٠	٣١١,١	٨,١	١٨	٢٩	١٨	شديد
٣٠-٤٥	٨٠,٣	٢,١	٣٠	٤٣	٤٢	شديد جدا
٤٥-٩٠.	٣٠٧.٤	٨	٤٦	٨٨	٨٧	جروف

ويتضح من خلال الجدول السابق وشكل (٥-٥) ما يلي:

١- تشكل الانحدارات المستوية وشبه المستوية Level to very gentle (صفر-٢) نحو ٤٦٪ من إجمالي أطوال المسافات الأرضية في القطاعات وتشكل الزاوية الشائعة (١) نحو ٢٩٪ من



التوزيع التكراري لزوايا الانحدار في الجزء الأعلى -(الرسوبي)- من الوادي
النسبة المئوية
0
5
10
15
20
25
30
35
الزوايا
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90

شكل (٥-٥)

جملة المسافات الأرضية ، في حين سجلت الزاوية الحدية الدنيا (صفر) نحو ٤,٥٪ من جملة الأطوال ، وكما سبق وذكرنا فإن هذا القسم من الوادي يتسم بمنحدرات اقل انحداراً وقاع وادي متسع مما ساعد على زيادة نسبة الانحدارات المستوية واللطيفة جداً.

١- تشكل الانحدارات الخفيفة Gentle (٢°-٥°) نحو ١٣,٦٪ من جملة الأطوال وتشغل الزاوية الحدية الدنيا Minimum Limiting Angle (٢°) نحو ٧,٤٪ في حين سجلت الزاوية الحدية العليا (٤°) ٤,٥٪ وسجلت الزاوية الشائعة (٢°) نحو ٧,٤٪ ، وإذا أضفنا هذه الفئة إلى الفئة التي سبقتها يصبح ما تشكله الانحدارات المستوية والخفيفة نحو ٦٠% من إجمالي أطوال المسافات الأرضية ، وهذه النسبة الكبيرة توضح إلى أي مدى تسود درجات انحدار قليلة في هذا القطاع وتؤكد كذلك مدى الشوط الذي قطعه الوادي في مرحلة التعرية مقارنة بالنطاق الخانقي الأدنى.

٢- بلغت نسبة من تشكله الانحدارات المتوسطة (٥°-١٠°) والانحدارات فوق المتوسط (١٠°-١٨°) نحو ٢١,٧ ٪، وتحتل هاتان الفئتان المرتبة الثانية بعد الانحدارات شبه المستوية والخفيفة.

٣- تشكل الانحدارات الشديدة والشديدة جداً نحو ١٠٪ من إجمالي أطوال المسافات الأرضية للقطاعات المختارة ، بينما تمثل الفئة الأخيرة (الجروف) ٤٥-٩٠° نحو ٨٪ فقط من أطوال المسافات الأرضية.

ومما سبق من الممكن أن نستنتج أن الجزء الأعلى من الوادي والذي يسير في نطاق الصخور الرسوبية قد قطع شوطاً لا بأس به من مرحلة التعرية تاركاً أثار ذلك في صورة جوانب للوادي قليلة الارتفاع وقاع متسع وبعض المدرجات النهرية التي ترصع جوانب أجزاء من الوادي والتي تشير إلى المراحل التطورية التي مر بها الوادي في هذا القطاع .

رابعا: معدلات التقوس:

بناءاً على تعريف ينج (Young, 1972, P.137) فإن تقوس القطاعات Profile Curvature هو معدل تغير زاوية الانحدار مع المسافة الأرضية في اتجاه أسفل المنحدر ويعبر عنه بالدرجات لكل ١٠٠ متر ، ويعبر عن المنحدرات المحدبة بالدرجات الموجبة بينما يعبر عن المنحدرات المقعرة بالدرجات السالبة ومن الواضح أن الهدف الرئيسي من دراسة معدلات التقوس يهدف إلى التعرف الكمي على أشكال المنحدرات السائدة.

وعلى الرغم من أن ينج قد قدم إطاراً كمياً لحساب معدلات التقوس إلا أن تطبيق هذا الإطار قد أتسم بالكثير من أوجه القصور والتي سبق ذكرها في مقدمة الفصل ، وبناءاً على ذلك فقد اعتمد الطالب عند دراسته لمعدلات التقوس على الطريقة التي قررها عبد الرحمن وزملاؤه (Abd El-Rahman et-al, 1981,Pp.30-34) والتي يمكن إيجازها فيما يلي:

١ – التقوس عند نقطة ما Curvature at a point

ويعرف بأنه التغير الزاوي في قيمة الانحدار من أعلى نقطة ما في اتجاه اسفل المنحدر ومن ثم فإن قيمة التقوس عند هذه النقطة سوف يعبر عنها ، بالدرجات وبالتالي ستظهر المنحدرات المقعرة بالقيم السالبة بينما تمثل القيم الموجبة المنحدرات المحدبة.

ويمكن أن تتراوح قيم التقوس بين +٩٠ ، -٩٠ ، وتشير القيمة (صفر) إلى عدم تغير الانحدار.

٢- تقوس القطاع Curvature of a profile :

يضم أي قطاع عدة تغيرات في الانحدار ، ومن ثم لن يكون هناك قيمة تقوس واحدة لكل القطاع ، ومع ذلك يجب توضيح الاختلاف بين تغيرين في الانحدار متماثلان في قيمة الانحدار مع اختلاف المسافات الأرضية لكل منها ولذلك يجب اتباع الخطوات التالية :-

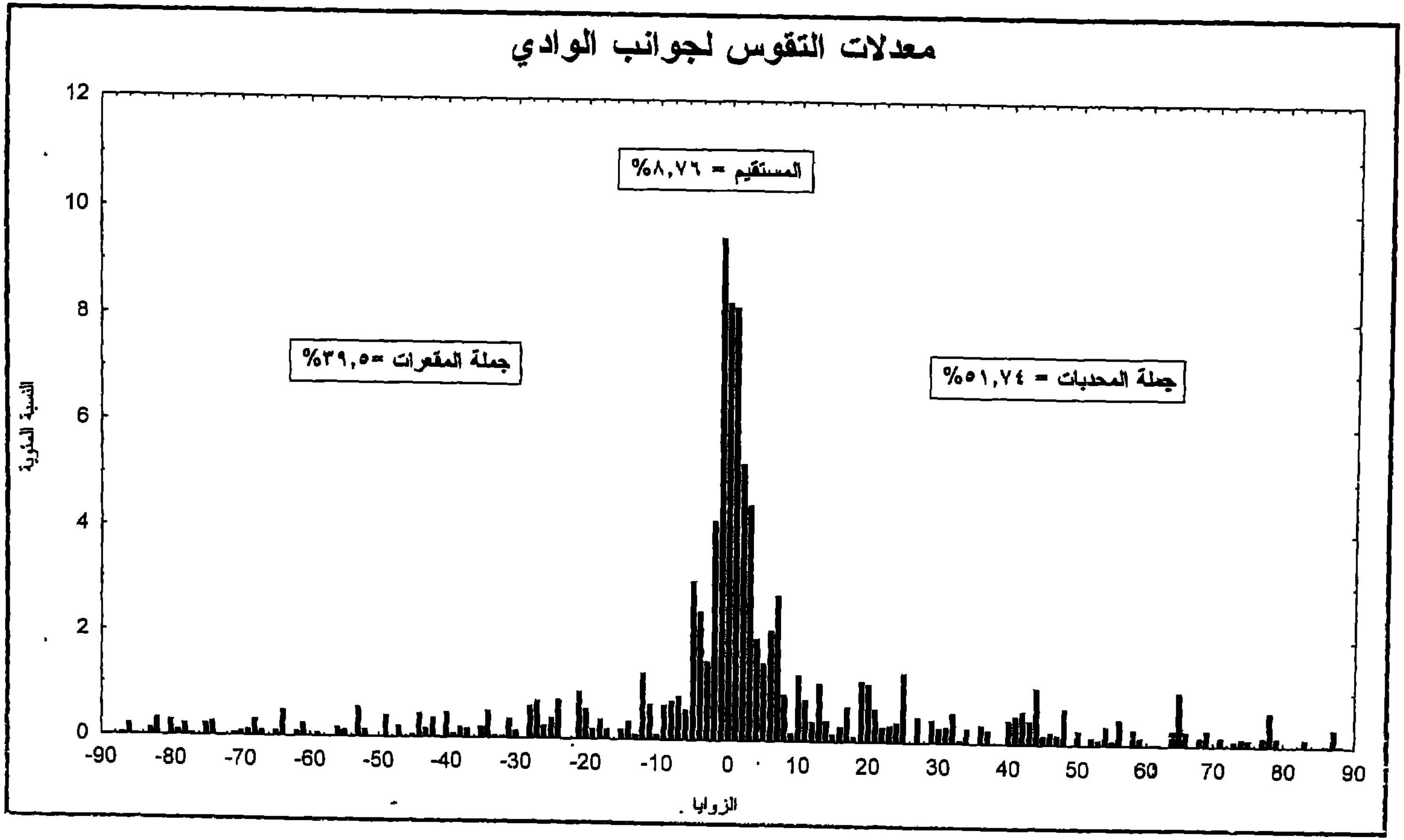
- حساب قيمة التقوس عند كل نقطة يتغير منها الانحدار.
- تقسيم كل مسافة أرضية إلى قسمين متساويين.
- جمع أطوال كل نصفين من المسافات الأرضية لكل نقطة تغير في الانحدار لتمثل المسافة الأرضية للتقوس عند هذه النقطة.
- حساب طول فقط قطاع المنحدر عن طريق طرح نصفي طول أدني وأعلي مسافة أرضية في الطول الكلي لهذا القطاع.
- حساب النسبة المئوية للمسافة الأرضية لكل قيمة من قيم التقوس من الطول الكلي للقطاع وذلك لحساب مقدار التباين في قيم التقوس وأهميتها بالنسبة للقطاع.

٣- تقوس منطقة ما Curvature for An Area

إذا كانت القطاعات المسجلة قصيرة فمن الممكن الحصول على قيم التقوس ومقدار اختلافها لمجموعة من القطاعات ، وذلك عن طريق حساب النسبة المئوية لجميع القطاعات المختارة التي تمثلها قيم تقوس متماثلة ، وبعد ذلك يمكن تمثيل هذه البيانات في صورة رسوم بيانية لتوضيح معدلات التقوس للمنطقة محل الدراسة.

أ – التوزيع العام لمعدلات التقوس على جوانب الوادي.

يتضح من خلال التوزيع العام لمعدلات التقوس على منحدرات جوانب الوادي والذي يظهر من خلال جدول (٥-٥) وشكل (٥-٦) ما يلي:-


معدلات التقوس لجوانب الوادي
المستقيم = ٨,٧٦%
جملة المقعرات =٣٩,٥%
جملة المحدبات = ٥١,٧٤%
النسبة المئوية
الزوايا
0
2
4
6
8
10
12
-90
-80
-70
-60
-50
-40
-30
-20
-10
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90

شكل (٥-٦)

جدول (٥-٥) معدلات التقوس على جوانب الوادي

الفئات (درجة)	الطول (متر)	النسبة المئوية	نوع التقوس
		المحدبات	
صفر	٤٤٠,٦	٨,٧٦	مستقيم
١ إلى ١٠	١٥١٦,٩٧	٢٨,٤٥	خفيف
١١ إلى ١٨	٢٠٤,٩٦	٣,٨٤	متوسط
١٩ إلى ٣٠	٣٣٦,٥٨	٦,٨١	شديد
٣١ إلى ٤٥	٢٧٢,١٥	٥,٦	شديد جدا
٤٦ فأكثر	٣٨٤,٣٧٥	٧,٠٣٤	رأسي
الجملة	٢٧٠٥,٥٦	٥١,٧٤	
		المقعرات	
-١ إلى -١٠	١٢٩٧,٤٧	٢٣,٤٥	خفيف
-١١ إلى -١٨	١٧٢,٥٧	٣,١٢	متوسط
-١٩ إلى -٣٠	٢٤٩,٥٦٥	٤,٥١٢	شديد
-٣١ إلى -٤٥	١٧٧,٩٤٥	٣,٢١	شديد جدا
-٤٥ فأكثر	٢٨٧,٤٥	٥,٢٥	رأسي
الجملة	٢١٨٥,٠١	٣٩,٥٠	
معدل التقوس	١,٢٨		

تنقسم منحدرات المنطقة إلى ثلاث مجموعات رئيسية من التقوس وهي :

١- مجموعة الأقسام المحدبة وتمثل أكبر المجموعات الثلاث وتشكل نحو ٢٧٠٥ متر بنسبة ٥١,٧٪ من جملة أطوال القطاعات على جوانب الوادي ، وتتراوح درجات تقوس هذه المجموعة بين +١ ، +٨٦ درجة وتتراوح المسافات التي تشغلها بين ٢,٥ متر ، ٤٣٠ متر.

٢- مجموعة الأقسام المقعرة وتشغل ٣٩,٥٪ من جملة أطوال القطاعات أو ما يعادل نحو ٢١٨٥ متر وتتراوح درجات التقوس لهذه المجموعة بين -١ ، -٨٣ درجة .

٣- مجموعة الأجزاء المستقيمة وتشغل نحو ٨,٧٪ من جملة أطوال القطاعات أو نحو ٤٤٠ متر ، وتظهر الأجزاء المستقيمة دائما مرتبطة بالأجزاء العليا من القطاعات ومكاشف الطبقات الصخرية شديدة الانحدار كذلك تظهر الأجزاء المستقيمة في قاع الوادي حيث يتسم السطح باستوائه وقلة انحداره.

٤- تزيد النسبة التي تشغلها الأقسام المحدبة ٥١,٧٪ على تلك النسبة التي تشغلها الأقسام المقعرة، مما يشير إلى زيادة أطوال المسافات التي تشغلها الأقسام المحدبة ، وبلغت نسبة التقوس ١,٢٨

مما يدل على تراكم بعض المفتتات على جوانب الوادي خاصة في الأجزاء العليا من الوادي والتي تشغلها الصخور الرسوبية.

تنتظم درجات التقوس على الأجزاء المحدبة والمقعرة في خمس فئات هي كالتالي :

أ - فئة التقوس الخفيفة (١-١٠) وتشغل نحو ٥١,٩٪ من جملة أطوال القطاعات أو نحو ٢٨١٤ متر ، حيث تشكل العناصر المحدبة نحو ٢٨,٤٥٪ بينما تشكل الأقسام المقعرة نحو ٢٣,٤٥٪.

ب - فئة التقوس المتوسط (١١-١٨) وتشغل نحو ٦,٩٦٪ من جملة القطاعات أو نحو ٣٧٧,٥ مترا ، منها ٣,٨٤٪ على الاقسام المحدبة ، ٣,١٢٪ على الأقسام المقعرة ، وتعتبر هذه الفئة أقل الفئات سواء كان ذلك على الأقسام المحدبة أو المقعرة..

ج - فئة التقوس الشديدة (١٩-٣٠) وتشكل مسافة أرضية قدرها ٥٨٦ مترا بنسبة ١١,٣٪ من إجمالي أطوال القطاعات ، وتشكل الأجزاء المحدبة ٦,٨١٪، في حين تشغل الأجزاء المقعرة ٤,٥٪ وتنتشر هذه الفئة على كل القطاعات تقريبا سواء كانت في الجزء الأدنى من الوادي أو الجزء الأعلى منه.

د - فئة التقوس الشديد جدا (٣١-٤٥) وتشغل هذه الفئة نحو ٤٥٠ مترا بنسبة ٨,٨١٪ من جملة المسافات الأرضية للقطاعات، واستمرارا لتفوق الأجزاء المحدبة على الأجزاء المقعرة في الفئات الثلاث السابقة، فإن الأجزاء المحدبة تشغل نحو ٥.٦٪ بينما لا تشكل الأجزاء المقعرة سوى ٣,٢١٪ فقط.

ه - فئة التقوس الرأسي (٤٥ فأكثر) وتشغل نحو ١٢,٣٪ أي ما يعادل نحو ٦٧١مترا من إجمالي أطوال المسافات الأرضية للقطاعات ، وتشكل الأجزاء المحدبة نحو ٧٪ في حين سجلت الأجزاء المقعرة نسبة أقل إذ بلغت ٥,٢٥٪.

ويتضح من خلال العرض السابق أن نسبة العناصر المحدبة تزيد على نسبة العناصر المقعرة على جوانب الوادي بصفة عامة وفي جميع فئات التقوس المذكورة مما يشير إلى أثر البنية الجيولوجية ونوع الصخر على منحدرات جوانب الوادي ويشير ذلك إلى أن الوادي بصفة عامة مازال في بدايات مرحلة التعرية وإن كانت هناك بعض القطاعات التي قطعت شوطا لا بأس به في مرحلة التعرية كما سيتضح عند دراسة معدلات التقوس في الجزء الأدنى من الوادي والجزء الأعلى منه .

كذلك فقد بلغت نسبة التقوس (جملة المحدبات / جملة المقعرات) ١,٢٨ مما يدل على ارتفاع نسبة الاجزاء المحدبة كما سبق أن ذكرنا ، ولعل الدراسة التفصيلية لجوانب الوادي توضح أن هناك اختلافات مكانية بين القطاع الأدنى من الوادي والذي يتسم بخصائص جيولوجية وجيومورفولوجية تختلف عن القطاع الأعلى من الوادي

ب - معدلات التقوس على جوانب القطاع الأدنى للوادي:

يتضح من خلال توزيع معدلات التقوس لقطاعات الجزء الأدنى من الوادي جدول (٥-٦) ، شكل (٥-٧) ما يلي:

بصفة عام يكاد يتشابه التوزيع العام لدرجات التقوس للقطاع الأدنى من الوادي مع التوزيع العام لمعدلات التقوس لجوانب الوادي بأكمله حيث توجد ثلاث مجموعات رئيسية للتقوس وهي:

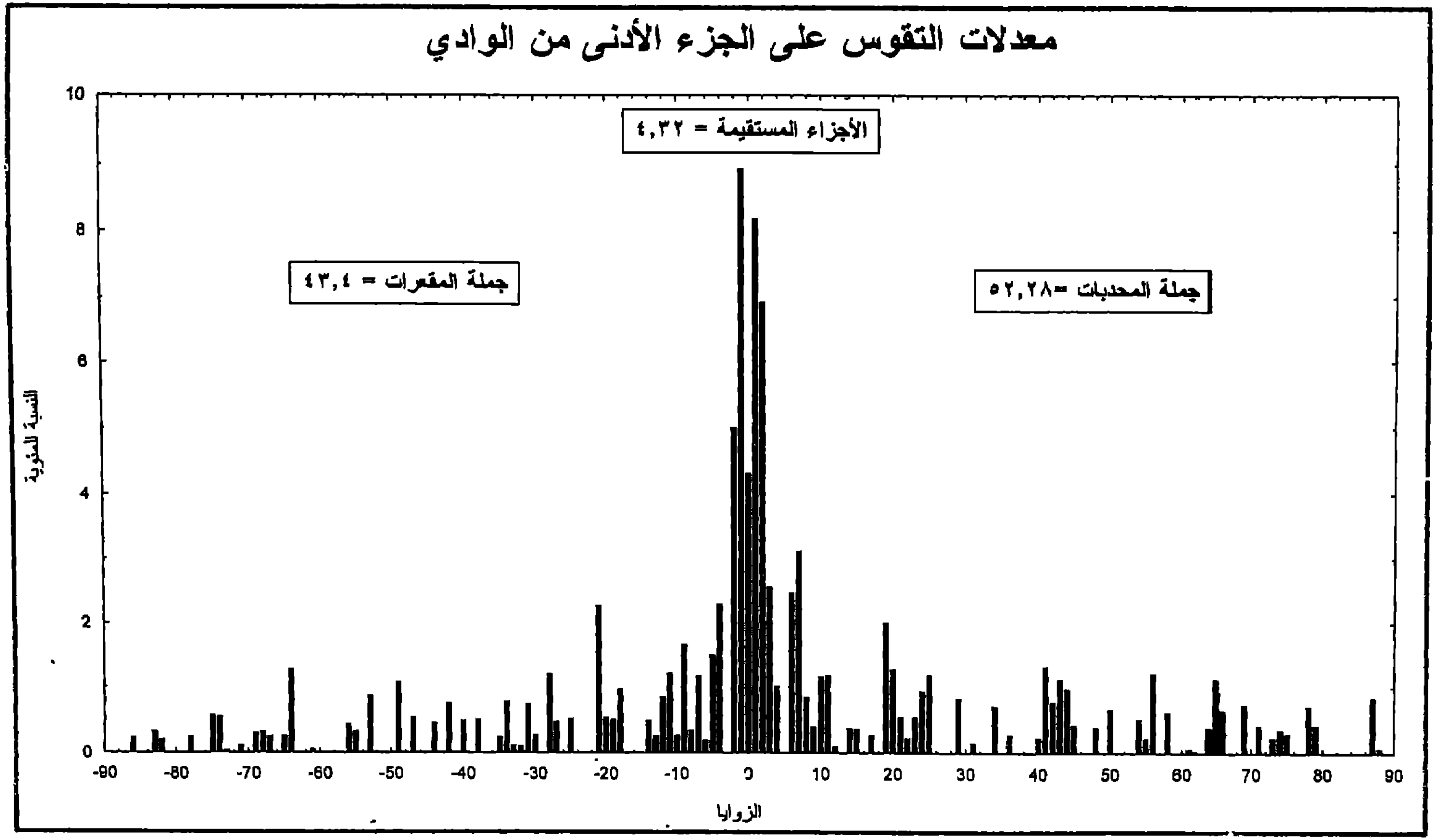
الأجزاء المحدبة وتشغل نحو ٥٢,٨٪

الأجزاء المقعرة وتشغل ٤٣,٤٪

الأجزاء المستقيمة وتشغل ٤,٣٢٪

جدول (٥-٦) معدلات التقوس على القطاع الأدنى للوادي

الفئات (درجة)	الطول (متر)	النسبة المئوية	نوع التقوس
المحدبات			
صفر	٩٣,١٥	٤,٣٢	مستقيم
١ إلى ١٠	٥٧٢,٧	٢٦,٦١	خفيف
١١ إلى ١٨	٤٩,٧٦٥	٢,٣١	متوسط
١٩ إلى ٣٠	١٦١,٩٧	٧,٥٤	شديد
٣١ إلى ٤٥	١٣٨,٦٥	٦,١	شديد جدا
٤٦ فأكثر	٢٢٣,٤	٩,٩٥	رأسي
الجملة	١١٣٧,١٣٥	٥٢,٢٨	
المقعرات			
-١ إلى -١٠	٤٦٠,٦	٢١,٤	خفيف
-١١ إلى -١٨	٨١,٤	٣,٨	متوسط
-١٩ إلى -٣٠	١٢٥,١	٥,٨٣	شديد
-٣١ إلى -٤٥	٩٠,٦١	٤,٢١	شديد جدا
-٤٥ فأكثر	١٧٣,٧	٨,١	رأسي
الجملة	٩٣١,٦	٤٣,٤	
معدل التقوس	١,٢١		


معدلات التقوس على الجزء الأدنى من الوادي
الأجزاء المستقيمة = ٤,٣٢
جملة المقعرات = ٤٣,٤
جملة المحدبات =٥٢,٢٨
النسبة المئوية
الزوايا
10
8
6
4
2
0
-90
-80
-70
-60
-50
-40
-30
-20
-10
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90

شكل (٥-٧)

ويلاحظ قلة النسبة التي تشغلها الأجزاء المستقيمة ويرجع ذلك بصفة أساسية إلى قلة الأجزاء التي تتميز بالانحدار الخفيف وذلك نتيجة لشدة انحدار جوانب الوادي في هذا الجزء بالإضافة إلى ضيق القاع والذي لا يتعدى في بعض الأحيان بضعة أمتار هذا بالإضافة إلى التغير السريع والفجائي في درجات الانحدار على قطاعات الوادي في هذا القطاع.

<u>وتنتظم درجات التقوس علي الأجزاء المحدبة والمقعرة في خمس فئات هي كما يلي:</u>

أ - فئة التقوس الخفيف (١-١٠) وتشغل نحو ١٠٣٣ متراً من جملة المسافات الأرضية للقطاعات بنسبة ٤٨٪ ، منها ٢٦,٦٪ للعناصر المحدبة ، ٢١,٤٪ للعناصر المقعرة ، وسوف نرى أن هذه الفئة تقل عن نظيرتها على القطاع الأعلى من الوادي ، حيث تقل الانحدارات الخفيفة في القطاع الأدنى من الوادي ويأخذ الوادي في هذا الجزء شكل حرف V تقريباً.

ب - فئة التقوس المتوسط (١١-١٨ْ) وتشكل نحو ٦,١٪ ، أو نحو ١٣١ متراً ، منها نحو ٢,٣٪ للأجزاء المحدبة ، ونحو ٣,٨٪ للأجزاء المقعرة ، ويلاحظ أن هذه الفئة الوحيدة الذي تزيد فيها نسبة الأجزاء المقعرة على نسبة الأجزاء المحدبة ، وربما يرجع ذلك إلى تأثير المياه الجارية في بعض قطاعات الوادي في هذا الجزء ، كما أن وجود القواطع والسدود الأفقية في بعض المواضع يؤدي إلى تآكلها بصورة أسرع من الصخور الموجودة حولها.

ج - فئة التقوس الشديد (١٩-٣٠ْ) وتشغل نحو ٢٧٨ متراً بنسبة ١٣,٣٧٪ من جملة الأطوال، وتشكل الأجزاء المحدبة نحو ٧,٥٪ في حين تشكل الأجزاء المقعرة نحو ٥,٨٪.

د - فئة التقوس الشديد جداً (٣١-٤٥ْ) وتشغل نحو ٢٢٩ متراً بنسبة ١٠,٣٪ حيث تشكل الأجزاء المحدبة ٦,١٪ بينما تشكل الأجزاء المقعرة نحو ٤,٢٪ من جملة الأطوال.

هـ - فئة التقوس الرأسي (٤٥ْ فأكثر) وتشغل هذه الفئة نحو ٣٩٧ متراً بنسبة ١٨٪ من جملة الأطوال ، وهي بذلك تحتل المرتبة الثانية بعد فئة الانحدار الخفيف ،وقد يبدو هذا أمراً منطقياً نتيجة لشدة انحدار هذا القطاع كما أشرنا ، حيث تبدو جوانب الوادي في كثير من **الأحيان في صورة حوائط رأسية يصل انحدارها في بعض الأحيان لأكثر من ٧٠ْ درجة.**

بلغت نسبة التقوس للقطاع الأدنى من الوادي ١,٢١ مما يشير إلى تغلب العناصر المحدبة على العناصر المقعرة، وبصفة عامة تزيد نسبة العناصر المحدبة على العناصر المقعرة في كل فئات التقوس باستثناء فئة التقوس المتوسط ، وقد بلغت نسب التقوس للفئات الخمس للتقوس من الأقل إلى الأكبر كما يلي: ١,٢٤ ، ٠,٦٠ ، ١,٢٩ ، ١,٤٤، ١,٢٣

ومما سبق يظهر أثر البنية ونوع الصخر وشكل الوادي في التأثير على معدلات التقوس لجوانب الوادي في هذا القطاع ، وهذا يعضد الفكرة التي سبق وأن أشرنا إليها وهي أن الوادي في هذا الجزء يعيش في مرحلة الشباب بكل سماتها الجيومورفولوجية ، ويختلف الوضع في القطاع الأعلى من الوادي كما سنرى .

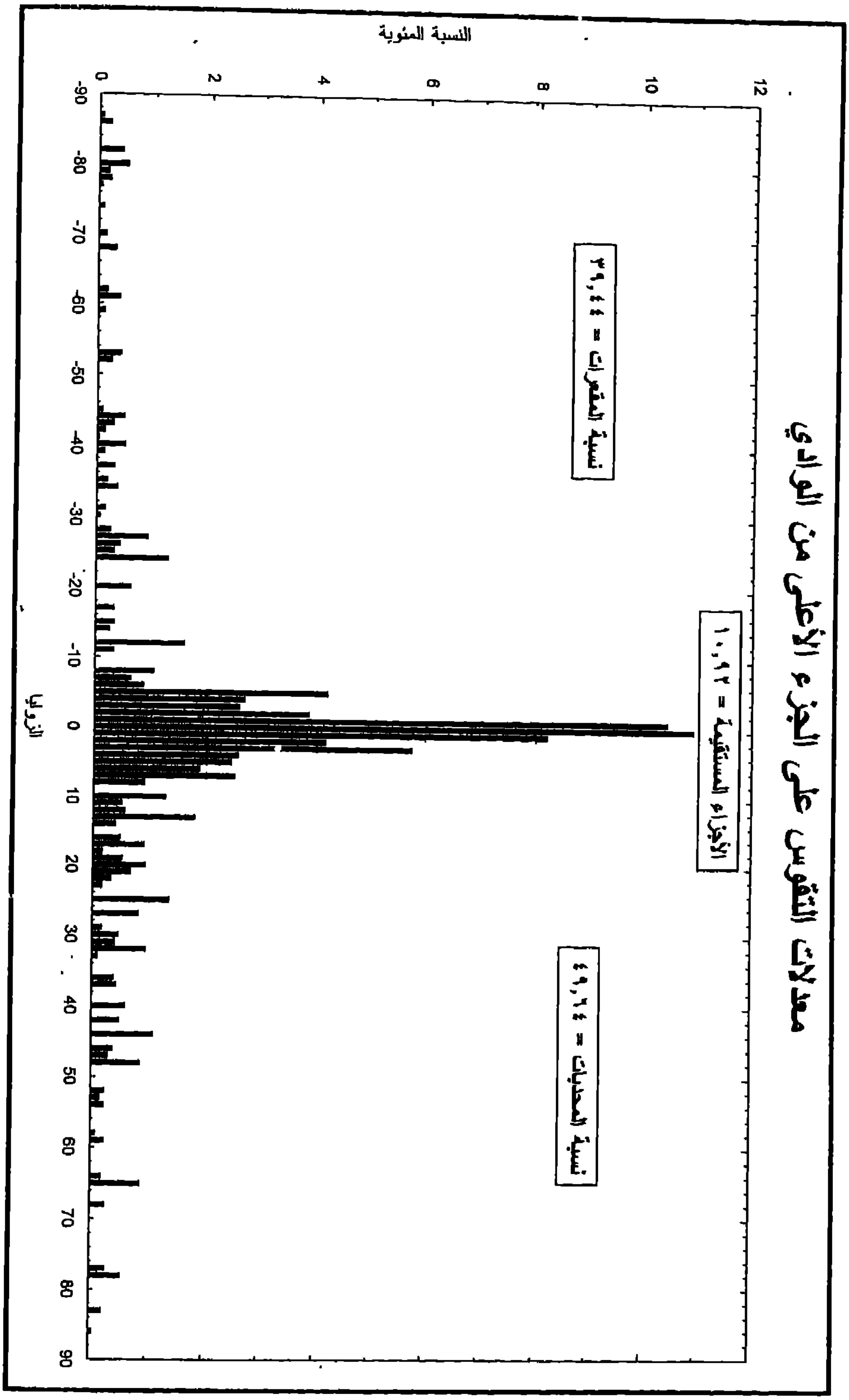
ج - معدلات التقوس على جوانب القطاع الأعلى للوادي:

يتضح من خلال الجدول التالي وشكل (٥-٨) ما يلي :-

جدول (٥-٧) معدلات التقوس على القطاع الأعلى للوادي

الفئات (درجة)	الطول (متر)	النسبة المئوية	نوع التقوس
المحدبات			
صفر	٣٤٧,٥	١٠,٩٢	مستقيم
١ إلى ١٠	٩٤٤,٣٧٥	٢٩,٧	خفيف
١١ إلى ١٨	١٥٥,٢	٤,٨٨	متوسط
١٩ إلى ٣٠	١٧٤,٦١	٥,٤٩	شديد
٣١ إلى ٤٥	١٤٣,٣٦٥	٤,٥١	شديد جدا
٤٦ فأكثر	١٦٠,٩٧٥	٥,١	رأسي
الجملة	١٥٧٨,٤٣	٤٩,٦٤	
المقعرات			
-١ إلى -١٠	٨١٦,٨٧٥	٢٦,٣٢	خفيف
-١١ إلى -١٨	٩١,١٧٥	٢,٨٦	متوسط
-١٩ إلى -٣٠	١٢٤,٢٦٥	٣,٩١	شديد
-٣١ إلى -٤٥	٨٧,٣٤	٢,٧٤	شديد جدا
-٤٥ فأكثر	١١٣,٧٥	٣,٦٨	رأسي
الجملة	١٢٥٣,٤١	٣٩,٤٢	
معدل التقوس	١,٢٥		

أ - تشكل العناصر المحدبة نحو ٤٩,٦٪ من جملة أطوال المسافات الأرضية أي ما يعادل نحو ١٥٨٧ متراً تقريباً ، بينما تشكل العناصر المحدبة نحو ٣٩٪ أو نحو ١٢٥٣ متراً ، في حين سجلت العناصر المستقيمة نحو ١٠,٩٪ من إجمالي أطوال القطاعات ، ويرجع زيادة الأجزاء المستقيمة في الجزء الأعلى من الوادي عن مثيلتها على القطاع الأدنى من الوادي (سجلت الأجزاء المستقيمة في القطاع الأدنى من الوادي نحو ٤,٣٪ فقط) إلى قلة الانحدار


معدلات التقوس على الجزء الأعلى من الوادي
النسبة المئوية
نسبة المقعرات = ٣٩,٤٤
الأجزاء المستقيمة = ١٠,٩٢
نسبة المحدبات = ٤٩,٦٤
الزوايا
0 2 4 6 8 10 12
-90 -80 -70 -60 -50 -40 -30 -20 -10 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90

شكل (٥-٨)

وزيادة اتساع قاع الوادي في قطاعه الأعلى، وقد لعبت العوامل الجيولوجية دوراً مؤثـراً فـي زيادة نسبة الأجزاء المستقيمة حيث تسود الصخور الرسوبية التي يسهل نحتها وازالتها وبالتـالي زادت نسبة الأجزاء المستقيمة قليلة الانحدار على حساب الأجزاء شديدة الانحـدار، هـذا إلـى جانب تأثير الروافد الجانبية لوادي وتير في قطاعه الأعلى والتي تتسم بكـبر مسـاحتها وعظـم شبكة تصريفها وبالتالي عملت هذه الروافد على تراجع جوانب الوادي في هذا الجزء ، كمـا أن ما كانت تحمله هذه الروافد من مفتتات ومياه عمل على زيادة طاقة النهر في هذا الجزء وبالتـالي ازدياد قدرته على توسيع جوانبه وترك رواسبه على جانبيه في صورة مجموعة من المدرجـات النهرية التي تكاد تختفي من القطاع الأدنى للوادي .

أ - على الرغم من كبر نسبة العناصر المحدبـة (٥٢٪) مقارنـة بنسـبة الأجـزاء المحدبـة (٤٣,٦٪) في القطاع الأدنى من الوادي ، إلا أن الفحص الدقيق للأرقام يشير إلى أن نسـبة ما تشغله الأجزاء المحدبة (٤٩,٦٪) أكبر مما تشغله الأجـزاء المقعـرة (٣٩,٤٪) ، فـي القطاع الأعلى بمعنى أن الفرق بين جملة المحدبات وجملة المقعرات قد بلـغ ٨,٨١٪ فـي القطاع الأدنى من الوادي في حين بلغ الفرق بينهما في القطاع الأعلى مـن الـوادي نحـو ١٠,٢٪ وربما يرجع ذلك إلى ارتفاع نسبة الأجزاء المستقيمة في القطاع الأعلى من الـوادي مقارنة بنسبتها في القطاع الأدنى من الوادي.

<u>تنتظم درجات التقوس على جوانب الوادي في قطاعه الأعلى للأجـزاء المحدبـة والأجـزاء المقعرة في خمس فئات هي كما يلي:</u>

أ - فئة التقوس الخفيف (١-١٠°) وتشغل هذه الفئة نحو ١٧٦١ متراً بنسب ٥٦٪ من إجمـالي أطوال المسافات الأرضية للقطاعات العشرة المقاسة ، منها نحو ٢٩,٧٪ تشـغلها الأجـزاء المحدبة، بينما تشكل الأجزاء المقعرة نحو ٢٦,٣٪ من جملة أطوال قطاعات القطاع الأدنـى من الوادي ، ويرجع ذلك كما أشرنا إلى طبيعة جوانب الوادي في القطاع الأعلـى مقارنـة بنظيرتها على القطاع الأدنى من الوادي.

ب - فئة التقوس المتوسط (١١-١٨°) وتشكل هذه الفئة نحو ٢٤٦ متراً بنسبة ٧,٧٠٪ من جملـة الأطوال ، منها نحو ٤,٨٨٪ للأجزاء المحدبة ونحو ٢,٨٪ للأجزاء المقعرة ، وتزيد نسـبة

ج - هذه الفئة عند مقارنتها بمثيلتها على القطاع الأدنى من الوادي والتي بلغت نسبتها نحو ٦،١٪ من جملة أطوال قطاعات الجزء الأدنى من الوادي.

د - فئة التقوس الشديد (١٩-٣٠ْ) وتشغل نحو ٢٩٩ متراً من جملة الأطوال بنسبة ٩،٤٪ ، منها نحو ٥،٤٪ للأجزاء المحدبة ، في حين تشكل الأجزاء المقعرة ٣،٩٪ ، وقد شكلت نفس هذه الفئة نحو ١٣،٧٪ في قطاعات الجزء الأدنى من الوادي.

ه - فئة التقوس الشديد جداً (٣١-٤٥ْ) وتشغل نحو ٢٢١ متراً بنسبة ٧،٢٪ من جملة الأطوال، وتمثل الأجزاء المحدبة نحو ٤،٥٪ بينما تشكل الأجزاء المقعرة نحو ٢،٧٪ ، وبالنظر إلى ما تشغله هذه الفئة في الجزء الأدنى من الوادي نجد أن هذه الفئة قد سجلت نحو ١٠،٣٪ ، ويعد هذا أمراً منطقياً كما أشرنا حيث تسود الانحدارات الشديدة في القطاع الأدنى وتقل في القطاع الأعلى.

و - فئة التقوس الرأسي (٤٦-٩٠ْ) وقد شكلت هذه الفئة نحو ٢٧٥ متراً بنسبة ٨،٧٪ حيث تشكل الأجزاء المحدبة نحو ٥،١٪ في حين تشكل الأجزاء المقعرة نحو ٣،٦٪ من جملة الأطوال ، وقد سجلت هذه الفئة نحو ١٨٪ في القطاع الأدنى من الوادي أي أكثر من ضعف ما سجلته نفس الفئة في القطاع الأعلى من الوادي.

ومما سبق يتضح أن القطاع الأعلى من الوادي يتميز بمجموعة من الخصائص الجيولوجية والجيومورفولوجية وكذلك يتسم بوجود الروافد الكبيرة الرئيسية ، وقد كان لكل ذلك دوره في طبيعة منحدرات جوانب الوادي التي تتسم بتباعدها وقلة انحداراتها ، كما يتسم قاع الوادي بالاتساع وقلة الانحدار ، وقد أدى ذلك إلى ظهور أنماط من المنحدرات التي تختلف بدورها عن تلك التي ظهرت على القطاع الأدنى من الوادي ، وكما سبق وأشرنا فإن القطاع الأعلى للوادي قد سبق نظيره القطاع الأدنى في مرحلة التعرية النهرية ، ويمكن القول مجازاً بأن القطاع الأعلى قد وصل إلى مرحلة النضج المبكر Early Maturity Stage ، في حين أن القطاع الأدنى مازال في مرحلة الشباب Youth stage بكل سماتها وخصائصها.

خامسا : أشكال المنحدرات السائدة :

تأسيساً على ما ذكره ينج ١٩٦٤، وسافجير ١٩٦٥[1] حول أشكال المنحدرات – ولكن على اعتبار أن المنحدر هو وحده واحدة تتألف من مجموعة من الأجزاء وليس على اعتبار أنه مجموعة من العناصر المنفصلة – يمكن تصنيف أشكال المنحدرات إلى ما يلي:

---

(1) شبكة المعلومات العالمية ، الموقع التالي http://www.geographie.uni-trier.de

أ- أشكال المنحدرات الرئيسية:

ويقصد بالمنحدرات القطاعات المحصورة بين مناطق تقسيم الميـــاه Interfluve أو قمـم الجبال والمرتفعات وقاع المجرى أو السهل الفيضي وخلال هذه المسافة مهما كانت طولـــها يوجـد ثلاث أشكال رئيسية للمنحدرات وهي:

المنحدرات المستقيمة Straight (Rectilinear)

المنحدرات المقعرة Concave

المنحدرات المحدبة Convex

ويقصد بالمنحدرات المستقيمة الأجزاء التي لا يتغير انحدارها في نفس الاتجاه كذلك يطلـق على المنحدرات صفة المستقيمة إذا كان الاختلاف في درجة الانحدار لا يتعدى ٣°، أما المنحـدرات المقعرة فيقصد بها تغير درجة الانحدار بالنقصان تجاه أسفل المنحدر ، أمـا المنحـدرات المحدبـة فنوجد حيث تزيد درجة الانحدار باتجاه أسفل المنحدر ، والحقيقة المؤكدة هي انه يصعب وجود هـذه الأنماط المثالية في الطبيعة ولكن يطلق على المنحدر إحدى الصفات الثلاث السابقة إذا كـان أكـثر من ٩٠٪ من طول المنحدر يتسم بالاستقامة أو التحدب أو التقعر.

ب - أشكال المنحدرات المركبة **Compound Slope profiles**

ويقصد بها المنحدرات التي تضم أكثر من عنصر مـــن العنـاصر الرئيسـية (المحدبـة ، المقعرة، المستقيمة) وكما يتضح من شكل (٥-٩) فإن المنحدرات المركبة تضم أنواع عديدة مـن المنجدرات هي على الترتيب:

١-المنحدرات المستقيمة المقعرة.

٢-المنحدرات المقعرة – المستقيمة.

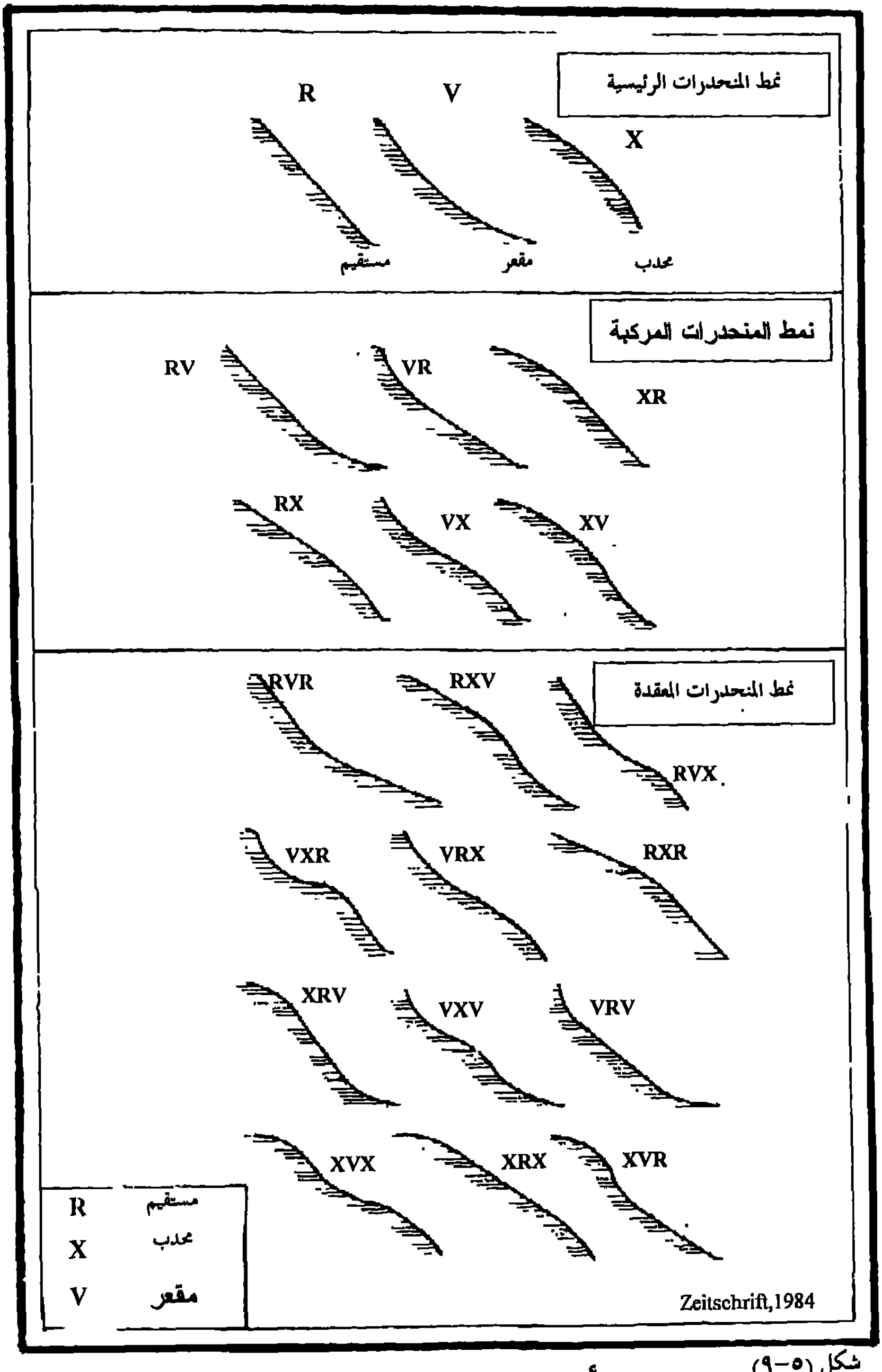
٣-المنحدرات المحدبة – المستقيمة

٤-المنحدرات المستقيمة – المحدبة.

٥-المنحدرات المقعرة – المحدبة.

٦-المنحدرات المحدبة – المقعرة.

ومن الملاحظ أن التصنيف السابق يظهر أن المنحدر يتألف من جزأيـن بـدءاً مـن قمـة المنحدر وحتى أسفله.



شكل (٥-٩)

أنماط المنحدرات

وقد أشار إمبابي (إمبابي ، ١٩٧٢ ، ص٧٧) إلى أن المنحدرات المحدبة المقعرة هي أكثر أشكال المنحدرات شيوعاً ويرجع ذلك إلى تأثير المياه الجارية التي تعد من أكثر العوامل الجيومورفولوجية تأثيراً على سطح الأرض.

ولا شك أن المعالجة الكمية الدقيقة للمنحدرات تظهر أن أشكال المنحدرات تتسم بالتعقيد خاصة إذا أجريت القياسات الميدانية للمنحدرات بصورة دقيقة، ومن هنا يظهر النمط الثالث من المنحدرات وهو ما يعرف باسم **المنحدرات المعقدة Complex profiles** ، شكل (٥-٩) وهذه الأنماط هي:

١ - المنحدرات المستقيمة - المقعرة - المستقيمة RVR
٢ - المنحدرات المستقيمة - المحدبة - المقعرة RXV
٣ - المنحدرات المستقيمة - المقعرة - المحدبة RVX
٤ - المنحدرات المستقيمة - المحدبة - المستقيمة RXR

والأنماط الأربعة السابقة تتسم بأن الجزء العلوي من المنحدر يتسم باستقامته نتيجة لأنها تمثل أسطح طبقية Bedding planes أو تكونت في مناطق تتسم بالالتواءات الأفقية أو المائلة وقد تتفق هذه الأجزاء المستقيمة وبعض خطوط الانكسارات.

١- المنحدرات المقعرة - المحدبة - المستقيمة VXR
٢- المنحدرات المقعرة - المستقيمة - المحدبة VRX
٣- المنحدرات المقعرة - المحدبة - المقعرة VXV
٤- المنحدرات المقعرة - المستقيمة - المقعرة VRV

وتتسم هذه الأنماط الأربعة السابقة بوجود الجزء المقعر أعلى المنحدر ثم تتوالى بقية الأجزاء الأخرى حسب اختلافها وربما يرجع ذلك إلى تأثر هذا النمط من المنحدرات بالمياه الجارية. في أجزائه العليا ويقل ذلك التأثير في الأجزاء التالية نتيجة قلة الانحدار.

١- المنحدرات المحدبة - المستقيمة - المقعرة XRV.
٢- المنحدرات المحدبة - المقعرة - المحدبة XVX.
٣- المنحدرات المحدبة - المستقيمة - المحدبة XRX.
٤- المنحدرات المحدبة - المقعرة - المستقيمة XVR.

وتظهر الأنماط الأربعة السابقة أن الجزء الأعلى من هذه المنحدرات يتسم بالتحدب وربما يرجع ذلك إلى أن هذه الأنماط مازالت في مرحلة مبكرة من مراحل التعرية.

وبالنسبة لمنطقة الدراسة فإن هناك أشكال كثيرة للمنحدرات تتمثل بها ويمكن التعرف عليها من خلال معدلات التقوس ويمكن القول بأن أهم أشكال المنحدرات بالمنطقة هي:

١- منحدرات الجروف المقعرة

ويتسم هذا النوع بوجود عنصر مستقيم تزيد درجة انحداره عن ٤٠ درجة ، وعنصر مقعر يشغل الجزء الأسفل من المنحدر ويتسم بطول المسافة الأرضية التي تشغلها كما توجد عليه بعض الرواسب (إمبابي ، ١٩٧٢ ، ص٧٩-٨٠) ،ومن الممكن أن نطلق على النمط السابق وطبقاً للتقسيم الذي ذكرناه بالمنحدرات المستقيمة – المقعرة.

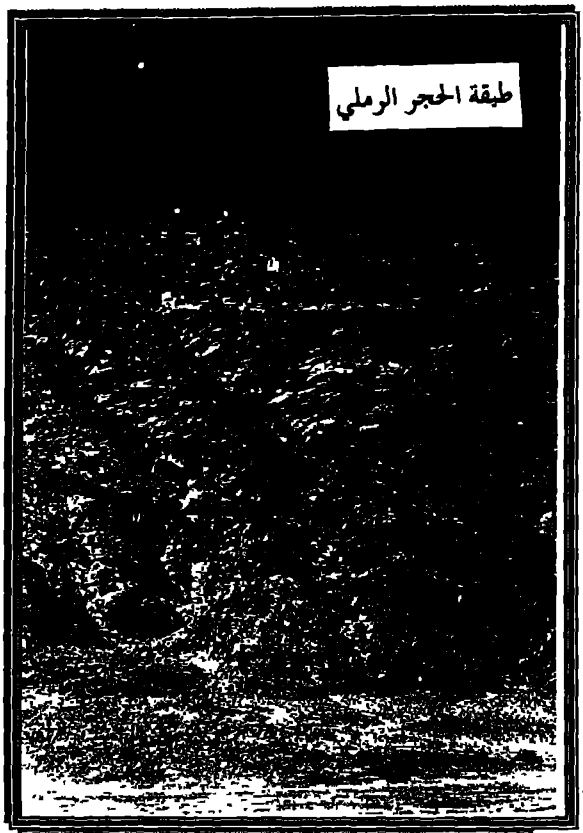
وينتشر هذا النمط في بعض القطاعات وخاصة في القطاعات (١،٢،٦) على القطاع الأدنى من الوادي وفي القطاعات (٦،٨) على القطاع الأعلى للوادي ، ومعنى ذلك أن هذا النمط يظهر في منحدرات الصخور النارية والرسوبية على حد سواء وربما يظهر في الصخور النارية نتيجة للاختلافات الليثولوجية ، صورة (٥-٦) ، نتيجة لوجود طبقة علوية من الحجر الرملي التي يسهل نحتها ، وطبقة سفلية من الصخور النارية التي يصعب نحتها، ويتسم الجزء السفلي المقعر بأنه شديد التقطع وقد عملت المياه على تقطيع الجزء الأسفل وبالتالي ظهر في صورة مقعرة على الرغم من شدة صلابته ، إذن فإن هذا ظهور هذا النمط في الصخور النارية فيرجع إلى وجود طبقة علوية لينه مع شدة تأثر الصخور النارية بعمليات النحت بفعل المياه.

وعلى الجانب الآخر فإن هذا النمط قد ارتبط بتعاقب طبقات صلبه مع طبقات لينه في القطاعات التي تشغلها الصخور الرسوبية ، صورة (٥-٧) ، حيث تتعاقب طبقات الحجر الجيري الصلبة مع طبقات من المارل والطفل في القطاع الأسفل من المنحدر ويلاحظ وجود رواسب ركام الهشيم في الجزء الأسفل من العنصر المقعر نتيجة لشدة معدلات النحت في الصخور الرسوبية عنها في الصخور النارية .

٢- المنحدرات المستقيمة Rectilinear (Straight) Slopes

ويتألف هذا النمط من أقسام segments ذات درجات انحدار متساوي (إمبابي ، ١٩٧٢،ص٨١-٨٢) وينبغي الإشارة إلى أنه يصعب وجود منحدرات تتسم كلها بالاستقامة ولكن **كما سبق وأشرنا إذا كان نحو ٩٠٪ من المنحدر يتسم بالاستقامة من الممكن أن نطلق عليه المنحدر** المستقيم.

وينتشر هذا النمط في معظم أجزاء الوادي وفي كل القطاعات أو أجزاء كبيرة منها ولكنه يظهر بوضوح في القطاعات (١،٢،٣) في القطاع الأدنى من الوادي ، والقطاعات (١،٢) على القطاع الأعلى من الوادي ، ويتفق هذا النمط وخطوط الانكسارات ، وينتشر هذا النمط في الأودية



صورة (٥-٦)

نمط منحدرات الجروف المقعرة في الصخور النارية
"ناظراً صوب الغرب"

صورة (٥-٧)

منحدرات الجروف المقعرة في الصخور الرسوبية
"ناظراً صوب الشمال الشرقي"

التي تمر بمرحلة الشباب حيث تتسم جوانبها بشدة الانحدار وكما يتضح من صـــــورة (٥-٨-أ،ب) فإن هذا النمط ينتشر في الصخور النارية وكذلك في الصخور الرسوبية ، صورة (٥-٩).

ويلاحظ على هذا النمط من المنحدرات ما يلي:

١- يرتبط هذا النمط بالصدوع سواء كان ذلك في الصخور النارية أو في صخور الحجر الرملـــي الرسوبية.

٢- يتسم هذا النمط بدرجات انحدار شديدة تصل في بعض الأحيان لأكثر من ٨٠ درجة وتظـــهر المنحدرات في صورة حافات صدعية شديدة الانحدار خالية تماماً من الرواسب.

٣- على الرغم من الانحدارات الشديدة وانعدام وجود الرواسب في بعض منحدرات هذا النمط، إلا أن هناك بعض المنحدرات التي تتسم بالاستقامة وفي نفس الوقت ليست شديدة الانحدار بصـورة يمكن معها بقاء الرواســب الناتجــة عــن عمليــة التجويــة ويظــهر ذلــك بوضــوح فــي صورة (٥-٨-ب) حيث تغطي الرواسب معظم أجزاء المنحدر.

٤-يرتبط هذا النمط بوجود المناطق التي تتسم بالتجانس الصخري فهي تنتشر في المنــاطق التــي تكسوها صخور الجرانيت وكذلك المناطق التي تشغلها صخور الحجر الرملي وقد كان لحالـــة الجفاف التي تسود المنطقة منذ فترة ليست قصيرة أثره في انتشار هذا النمط.

٣ - المنحدرات المحدبة المقعرة:

ويتألف هذا النمط من ثلاثة أجزاء هي:

أ- عنصر محدب

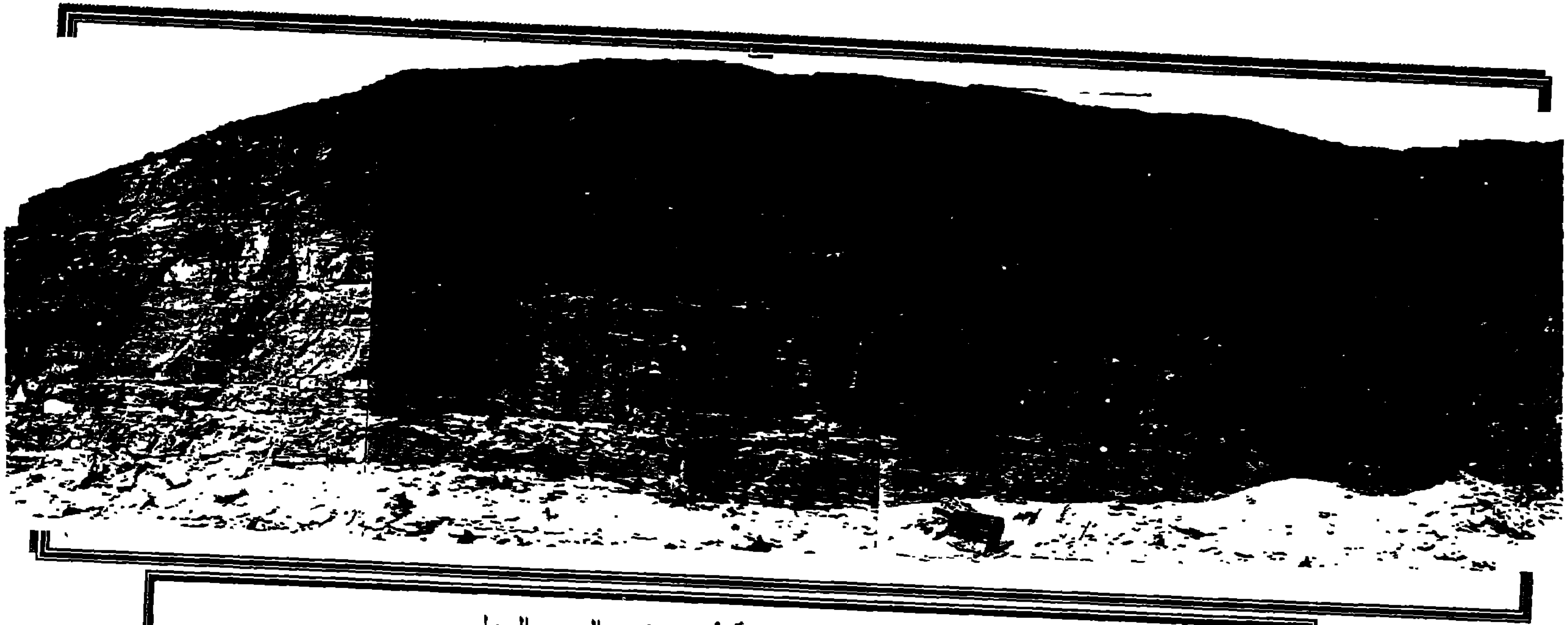
ب- قسم الدرجة القصوى

ج- عنصر مقعر.

ويبلغ درجة انحدار قسم الدرجة العضوي أقل من ٤٠ ، ويؤكد (إمبـــابي، ١٩٧٢،ص ٧٧-٧٨) أن هذا النمط من أكثر الأنماط شيوعاً على سطح الأرض حيث ينتشر بكـــثرة فـــي المنـــاطق الجافة وشبه الجافة ، وتعد المياه الجارية هي العامل الرئيسي المشكل لهذا النمط ، كما يظهر ذلـــك النمط في المناطق التي تتسم بتجانسها الصخري وخاصة المناطق التي وصلـــت لمرحلـــة النضـــج Maturity وينتشر هذا النمط بالمنطقة وخاصة في القطاع الأعلى للوادي حيث استطاعت عوامـــل التعرية وخاصة المياه الجارية أن تشكل جوانب الوادي ، ويظـــهر ذلـــك فـــي القطاعـــات أرقـــام (٥،٦،٧،٨،٩،١٠) على الجزء الأعلى من الوادي.

صورة (٥-٨-أ) المنحدرات المستقيمة على جوانب الوادي
"ناظراً صوب الشمال الغربي"

صورة (٥-٨-ب) المنحدرات المستقيمة على الصخور النارية ويلاحظ أن الرواسب تغطي المنحدر حتى قمته
"ناظراً صوب الشمال الغربي"



صورة (٥-٩) نمط المنحدرات المستقيمة في صخور الحجر الرملي
- "ناظرا صوب الشمال الغربي"

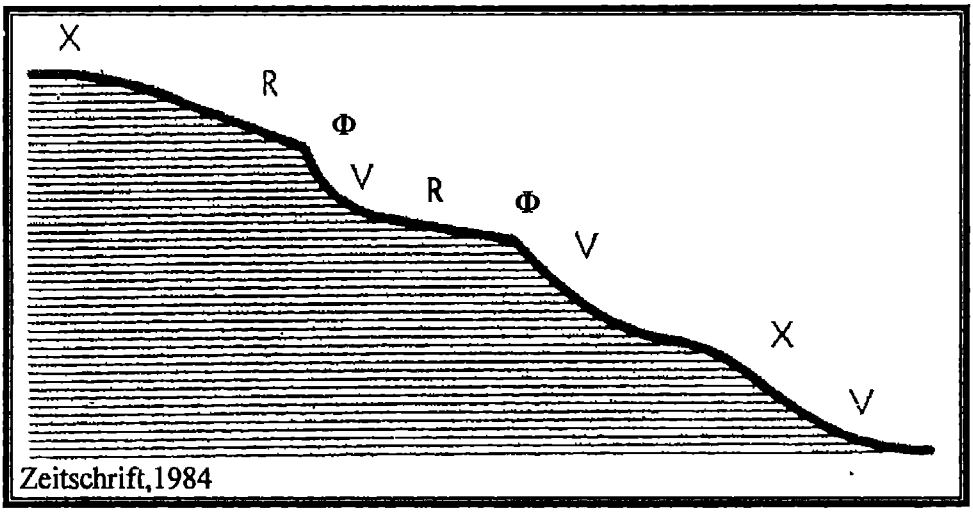
ويرجع وجود هذا النمط من المنحدرات إلى نظرية التراجع المتوازي Parallel Retreat حيث تتراجع المنحدرات مع الحفاظ على درجات الانحدار ، وربما يرجع ذلك إلى سيادة المناخ الرطب في الماضي والمناخ الجاف في الوقت الحاضر.

ويلاحظ كذلك تراكم الرواسب في القطاعات الدنيا لهذا النمط ، وربما يوجد جزء مستقيم في نهاية العنصر المقعر ويرجع ذلك إلى تأثير السيول التي تعمل على جرف مفتتات الجزء الأدنى وتتركها في صورة أجزاء مستقيمة شديدة الانحدار، صورة (٥-١٠-أ) ، (٥-١٠-ب).

كذلك لاحظ الطالب من خلال الدراسة الميدانية انتشار هذا النمط في الصخور النارية (القطاع الأدنى للوادي) وكذلك في الصخور الرسوبية (القطاع الأعلى) ولكنه يوجد بصورة أكثر انتشاراً على القطاع الأعلى (الصخور الرسوبية) نتيجة لشدة تأثرها بعوامل التعرية خاصة المياه الجارية كما أشرنا من قبل.

د- المنحدرات السلمية Stepped - Like Slopes

ويتألف هذا النمط من مجموعة التتابعات ويوجد في المناطق التي تحتوي على المدرجات الصخرية البنيوية Structural Benches أو في المناطق التي تضم المدرجات النهرية ، ويمكن القول أن هذا النمط يظهر في مناطق الصخور التي تتعاقب فيها الطبقات الصلبة مع الطبقات اللينة، وبالتالي فهي توضح الخصائص الصخرية للمناطق التي توجد بها ، كذلك توجد هذه المنحدرات في قطاعات الأودية التي تضم بعض المدرجات النهرية وبالتالي فإنها في هذه الحالة توضح التاريخ الجيومورفولوجي للمنطقة.

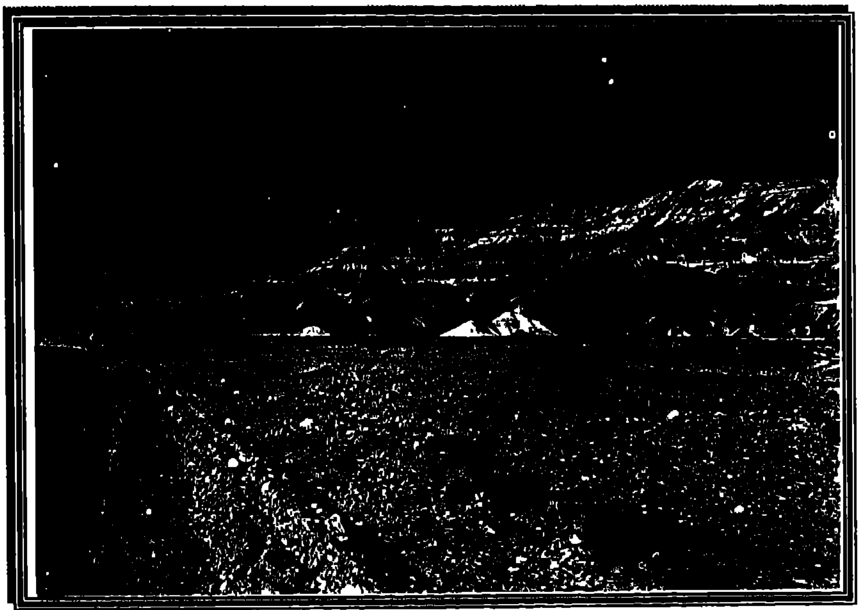


شكل (٥-١٠) نمط المنحدرات السلمية

صورة (٥-١٠-أ)

نمط المنحدرات المحدبة المقعرة (القطاع الأدنى للوادي)

"ناظراً صوب الشمال"



صورة (٥-١٠-ب)

نمط المنحدرات المحدبة المقعرة (القطاع الأعلى للوادي)

"ناظراً صوب الشمال الشرقي"

وليس شرطا أن تتألف المنحدرات السلمية من تتابعات من الأجزاء المستقيمة والأجزاء شديدة الانحدار ، ولكنها قد تضم عناصر محدبة وعناصر مقعرة وعناصر مستقيمة في نفس الوقت كما يتضح في شكل (٥-١٠) ويأخذ المنحدر الحروف الأولى للعناصر التي يتألف منها فعلى سبيل المثال فإن المنحدر الذي نطلق عليه VXV VRΦ XRΦ نقصد ذلك المنحدر من المنحدرات المحدبة المستقيمة المقعرة ، المستقيمة المقعرة الذي يتألف من تتابع أما الرمز الصغير Φ فإنه يرمز إلى النقط الفجائية التي يتغير عنها الانحدار (Profile breaks).

ونقط التغير الفجائية ذات دلالة جيومورفولوجية مهمة إذ أنها تشير إلى أنها تفصل بين أجزاء من المنحدرات تعرضت للنحت بمعدلات متباينة أو في أوقات مختلفة أو عمليات مختلفة (Zeitschrift, 1984,P.5-6) فعلى سبيل المثال فإن نقط تغير الانحدار المقعرة ، ربما توجد في مناطق الاتصال بين الصخور الصلبة المعرضة للتراجع في اتجاه قمة المنحدر والصخور اللينة التي توجد أسفلها والتي تتعرض للنحت باتجاه أسفل المنحدر .

كذلك ينتشر هذا النمط كما أشرنا في قطاعات الأودية التي توجد المدرجات النهرية وكذلك في الهوامش العليا لركامات السفوح عن التقائها بالجروف التي تعلوها.

وينتشر هذا النمط في قطاعات جوانب الأودية وخاصة في القطاعات (١،٨) على القطاع الأدنى للوادي وفي القطاعات (٤،٧) على القطاع الأعلى للوادي.

فالنسبة لقطاعات القطاع الأدنى فإن وجود هذا النمط يرتبط أساساً بالخصائص الصخرية والبنيوية ، حيث توجد بعض القواطع الأفقية Sills والتي تتسم بأنها أقل مقاومة من الصخور التي تعلوها وبالتالي تتآكل بصورة أسرع عما يعلوها ، كذلك فإن وجود الصدوع الكثيفة في هذا الجزء قد أدى إلى ظهور هذا النمط.

أما في القطاع الأعلى من الوادي فإن وجود هذا النمط يرجع إلى عدم التجانس الصخري إذ ترتكز صخور الحجر الجيري على صخور أقل صلابة كذلك فإن وجود المدرجات النهرية في هذا القطاع قد أدى إلى ظهور هذا النمط ولا شك أن الدراسة الدقيقة لجوانب الوادي قد أظهرت انتشار **هذا النمط بصورة أكبر في القطاع الأعلى من الوادي.**

سادسا : عوامل وعمليات تشكيل المنحدرات

تبين من خلال دراسة قطاعات جوانب الوادي والتعرف على أشكالها أن هناك مجموعة من العوامل المؤثرة في تشكيل هذه المنحدر ويمكن إيجازها فيما يلي:

١-العوامل الجيولوجية

٢-المياه الجارية

٣-الرياح

٤-المرحلة الجيومورفولوجية

كذلك فإن هناك مجموعة من العمليات الجيومورفولوجية التي مازالت تشكل المنحدرات في الوقت الحاضر وهي:

١-التجوية (الميكانيكية والكيميائية)

٢-عمليات النحت والإرساب فعل المياه الجارية

٣-حركة المواد

وسوف نتناول فيما يلي أهم العوامل المؤثرة علي جوانب الوادي

١ - العوامل لجيولوجية

وتشتمل العوامل الجيولوجية على

أ- نوع الصخر وخصائصه Lithology

ب- بنية الصخر Structure

أما فيما يتعلق بنوع الصخر وخصائصه يتضح من خلال دراسة القطاعات السابقة مدى تأثر القطاعات وأشكال المنحدرات بنوع الصخر ، فقد وجدنا أن القطاع الأدنى من الوادي والذي يتألف من الصخور النارية البلورية شديدة الصلابة ، تتميز قطاعات المنحدرات في هذا القطاع في أغلب الأحيان بشدة الانحدار نتيجة لأن الصخور النارية تتسم بشدة الصلابة وهذا جعلها تتأثر بعوامل التعرية بصورة بطيئة، وتوجد بين بعض الاختلافات النسبية بين الصخور النارية فالجرانيت القديم تعرض لعمليات التعرية لفترة أطول من نظيره الجرانيت الحديث وبالتالي فقد نجد به بعض التتابعات من المنحدرات المقعرة.

ويظهر ذلك بوضوح في القطاعان (٩،٨) في القطاع الأدنى من الوادي حيث يتسم القطاعات بوجود مجموعة من التتابعات المحدبة والمقعرة والمستقيمة ، في حين نجد الانحدارات الشديدة وشبه الراسية **في القطاعات (٧،٦،٢،١) حيث تتسم صخور الجرانيت بالحداثة وشدة** الصلابة.

وعلى الجانب الآخر نجد أن القطاعات التي تم قياسها في مناطق الصخور الرسوبية تتسم بقلة انحدارها وبظهورها في صورة تتابعات من المحدبات والمقعرات حيث كان لقلة صلابتها الأثر الأكبر في شدة تأثرها بعوامل التعرية وخاصة المياه الجارية ويظهر ذلك في القطاعات

(١٠،٩،٨،٧،٦،٥،٣) على القطاع الأعلى من الوادي ، وقد اتسمت جميع هـذه المنحـدرات بقلـة ارتفاعها حيث تعرضت لعمليات التخفيض Degradation ، وقد انعكس ذلك بدوره علـى اتسـاع قاع الوادي ، حيث وصل في بعض الأحيان لأكثر من ٥٠٠ متر (وصل متوسط اتساع الوادي فـي القطاع الأدنى نحو ٣٠ متر فقط).

كذلك فقد كان لنوع الصخر وخصائصه علاقة بامتداد وشكل رواسب ركام الهشيم حيث يقل وجود هذه الرواسب في القطاع الأدنى نتيجة لشدة الصلابـة وبـطء عمليـات التفكـك ، وتنتشـر الرواسب بكثرة في مجاري الأودية نتيجة لقلة الانحدار مقارنة بسطح المنحدرات ذاتها كذلـك فقـد لاحظ الطالب كبر حجم مفتتات الرواسب في منحدرات الصخور النارية مقارنـة بنظيرتـها التـي تتألف من صخور رسوبية ، كذلك فإن أسطح هذه الرواسب تتسم بشدة انحداره والتي وصلـت فـي بعض الأحيان لأكثر من ٢٥° بينما نجد أن هذه الرواسب تتسم بكثرة انتشارها في قطاعات الجـزء الأعلى من الوادي ، نتيجة لزيادة معدلات التفكك لضعف الصخور كما تتسم بقلة أحجـام المفتتـات وقلة انحداراتها كما سنرى عند دراستها.

كذلك فإن المجاري المائية الموجودة على الجزء الأدنى من الوادي تميل إلى تكوين مـراوح فيضية صغيرة ومحدودة الامتداد وفي بعض الأحيان قد لا تتكون المراوح الفيضية نتيجة لضيـق الوادي الرئيسي إذ تقل الرواسب التي تحملها المجاري المائية التي تصب في الـوادي الرئيسـي ، بينما نجد أن المراوح الفيضية في القطاع الأعلى تتسم باتساعها الكبير وظهورها بصورة مسـتمرة كلما وجدت الروافد أيما كان حجمها ، كذلك تتسم رواسبها بأنها جيدة التصنيف.

ب- بنية الصخر:

يمكن بسهولة اكتشاف العلاقة بين بنية الصخر وخصائص المنحدرات فأينما تكثر الشـقوق والصدوع والفواصل تتسم المنحدرات بشدة انحداراتها وظهورها في صورة جروف شديدة الانحـدار ويظهر ذلك في القطاعات (٦،٣،٢،١) على القطاع الأدنى للوادي ، وفي القطـاعين (٢،١) علـى القطاع الأعلى من الوادي ، وبالنسبة للقطاعان الأخيران فعلى الرغم من أن الصخور التي تتـألف منها جوانب الوادي هي صخور الحجر الرملي إلا أنها تعرضت لعمليات تصدع أدت إلـى ظـهور قطاعات جوانب الوادي في صورة جروف شديدة الانحدار ، كذلك يظهر أثر البنية في وجود بعـض التتابعات السليمة كما ذكرنا عند دراسة أشكال المنحدرات.

كذلك يظهر أثر البنية في انتشار الشقوق والفواصل ، وقد لوحظ انتشار الشقوق والفواصـل في كل صخور المنطقة ، فصخور الجرانيت تنتشر بها الفواصل مما يؤثـر بـدوره علـى أشـكال المنحدرات وخاصة إذا كانت هذه الفواصل متعامدة فيودي ذلـك إلـى زيـادة العنـاصر المحدبـة

والمقعرة على القطاعات وجدير بالذكر أنه كلما زادت المسافات بين الشقوق والفواصل كلما زاد حجم الكتل المتفككة وادي ذلك بدوره إلى زيادة انحدار أسطح المنحدرات ، (سالم ، ١٩٨٩ ، ص٢٧٨).

ولا يمكن إغفال أثر الشقوق الناتجة عن وجود القواطع الرأسية والأفقية Dykes & Sills التي تنتشر بصورة كبيرة في الصخور النارية في القطاع الأدنى عن الوادي وكان لها تأثير واضح على سرعة تراجع المنحدرات إذ أنها تتسم بصفة عامة بضعفها عن الصخور التي تندس بها مما عزا بالبعض إلى أن يطلق عليها الإندساسات ، (الأنصاري ، ٢٠٠٠ ، ص١٩٤)، وترتبط هذه القواطع بالمنحدرات الجرفية والمحدبة ، وفي بعض هذه القواطع تجري بعض المجاري الخانقية الصغيرة وخاصة إذا كانت موازية للمنحدر، وتمتلئ بالرواسب الخشنة وكبيرة الحجم وتكثر بها نقط التجدبد الناتجة عن اختلاف طبيعة الصخر وصلابته.

٢- المياه الجارية

تعد المياه الجارية من أهم عوامل تشكيل سطح المنطقة بصفة عامة ومنحدرات جوانب الوادي بصفة خاصة، وقد لعبت المياه الجارية دوراً كبيراً في الماضي حيث شكلت المجاري المائية بالمنطقة بالإضافة للعوامل الأخرى ، أما في الوقت الحاضر فإن الأمطار تسقط في صورة سيول مفاجئة تؤثر بلا شك على إعادة تشكيل المنحدرات .

ويظهر أثر المياه في قطاعات الجزء الأدنى للوادي حيث تتسم الحافة بتقطعها الشديد بفعل المسيلات الصغيرة ، صورة (٥-١١) ، (٥-١٢) ، ويؤدى ذلك إلى تقليل الانحدار نسبياً ، ووجود مجموعة من التتابعات المحدبة والمقعرة، ولا تقوم المياه بحمل كميات كبيرة من الرواسب نظراً لشدة صلابة الصخور وبذلك لا تتراكم الرواسب بكميات كبيرة عند أقدام المنحدرات ، وتعمل المياه الجارية في الوقت الحاضر على نحت الجزء الأسفل من المنحدرات وتتركه في صورة مستقيمة وقد تتكون بعض البرك المائية خاصة أمام مخارج الأودية الكبيرة ، ويلاحظ أن أغلب المسيلات المائية تجري فوق القواطع والسدود نظراً لقلة صلابتها كما أشرنا من قبل ، ونتيجة لذلك نجد في بعض الأحيان الزوايا السالبة بمعنى أن درجة الانحدار تكون بالسالب نتيجة لهبوط وصعود جوانب هذه المسيلات.

كذلك يظهر أثر المياه الجارية في قطاعات الجزء الأعلى للوادي حيث تتسم جوانب الوادي بكثرة المسيلات المائية ، وزيادة أطوالها وزيادة كمية الرواسب التي تنقلها وصغر أحجامها مقارنة بالمسيلات الموجودة في القطاع الأدنى ، كذلك فقد أدت هذه المسيلات إلى انتشار المنحدرات المحدبة المقعرة ، ووجود عنصر مستقيم عند سفوح المنحدرات نتيجة لتراكم الرواسب ، وفي حالة

صورة (٥-١١) أثر المياه الجارية في تشكيل منحدرات القطاع الأدنـــى مـــن الـــ وادي (الصخور النارية) "ناظراً صوب الشمال الشرقي"

صورة (٥-١٢) أثر المياه الجارية في تشكيل منحدرات القطاع الأعلـــى مـــن الـــ وادي (الصخور الرسوبية) "ناظراً صوب الشمال الشرقي"

حدوث السيول القوية فإنها تعمل على جرف رواسب أقدام المنحدرات وتكوين بعض البحيرات التـي ما تلبث أن تجف تاركة ورائها أحواض صغيرة عند إقدام المنحدرات وقد أطلق عليها الطالب أسـم برك السيول وسوف يتم دراستها تفصيلا في الفصل التالي :

وقد أشار ليوبولد وزملاؤه (Leopold,et-al,1964, P.336) إلى أن المنحدرات المستقيمة تتسم بنشاط التعرية المائية عند أقدام المنحدرات ويقل وجود هذه المسـيلات فـي الأجـزاء العليـا للمنحدرات ، ويظهر ذلك بوضوح في كلا قطاعي الوادي حيث تتسم المسيلات على القطاع الأدنـى، بندرتها وقلة أطوالها في حين تتسم المسيلات على المنحدرات في القطاع الأعلى بزيـادة أطوالـها حتى أنها تكاد تصل إلى قمة المنحدرات.

وقد حاول فينمان أن يربط بين وجود المنحدرات المحدبة المقعرة ونشاط الميـاه الجاريـة، وأشار إلى أن الجزء الأعلى للمنحدر يتسم بقلة الجريان السطحي وظهوره على هيئة غطاء رقيـق من الماء ، ونتيجة لهبوط المياه إلى الجزء الأوسط والأسفل للمنحدر فإنها تسير في مجاري واضحة وتحمل كميات من الرواسب وبالتالي تتراكم الرواسب عند قاعدة المنحدر ونتيجة لهذا الدور الـذي تقوم به المياه الجارية فإن المنحدر يبدأ في اتخاذ الشكل المقعر تدريجيا، (Small, 1978, P.195)

وقد أوضح هورتون ذلك بقوله أن الجزء العلوي من المنحدر يتسم بقلة طاقته على النحـت ويزيد هذه الطاقة في الجزء الأوسط من المنحدر، حتى تصل إلى نطاق يختفي عنده النحت تمامـا، Belt of no Erosion عند أقدام المنحدر.

وبناءا على ما سبق نجد أن المياه الجارية كانت من أهم العوامل التـي شـكلت منحـدرات جوانب الوادي بل ومنحدرات المنطقة ككل في الماضي أما في الوقت فإن تـأثير الميـاه الجاريـة يتركز أبان فترة حدوث السيول والتي كما سبق وأشرنا تحدث بصـورة غـير منتظمـة وبكميـات متباينة.

٣ – الرياح

تعد الرياح من أقل العوامل تأثيرا على منحدرات جوانب الوادي ويظهر تأثير الرياح عندمـا يتخذ الوادي اتجاهات متعامدة على الرياح السائدة (الشماليات).حيث تعمل الرياح على :

- **ترسيب بعض الأشكال الرملية على المنحدرات الشمالية حيث تتكـون مجموعـة مـن** الكثبان الهابطة Descending Dunes وتظهر هذه الأشكال بوضـوح علـى منحـدرات الجزء الأعلى من الوادي حيث تتوفر الصخور الرملية التي تعد مصـدرا الرمـال التـي تحملها الرياح وتكاد تختفي هذه الأشكال تماما من القطاع الأدنى للوادي

- تعمل الرياح على نحت المنحدرات الجنوبية المواجهة للرياح وينتج عن ذلك تكون بعض الثقوب والفجوات ، وتكثر هذه الثقوب في مناطق الصخور الرسوبية وتصل أبعاد بعض هذه الثقوب لأقل من بضعة أمتار ، وقد تكون التجوية مسئولة أيضاً عن تكوين هذه الأشكال ، (محسوب،١٩٩٨،ص ٢٧٤-٢٧٥) .

٤ – المرحلة الجيومورفولوجية

تأسيسا على ما ذكره ليوبولد وزملاؤه (Leopold,et-al,1964,p.336) من أن هناك ثلاث ضوابط رئيسية تتحكم في المنحدرات شأنها في ذلك شأن العوامل المتحكمة في تطور جميع الأشكال الأرضية وهى البنية ، العملية والمرحلة ، فإن الطالب يعتقد أن المرحلة الجيومورفولوجية تمثل ضابطاً للمنحدرات ومحصلة أيضاً ، فإذا قلنا أن القطاع الأدنى من وادي وتير يمر بمرحلة الشباب فمعنى ذلك أن جوانب الوادي تتسم بشدة الانحدار وارتفاعاتها الشاهقة وضيق قاع الوادي ، وإذا أضفنا بأن منحدرات القطاع الأعلى تتسم بقلة انحدارانها وقلة ارتفاعها وسيادة العناصر المقعرة على العناصر المحدبة والمستقيمة لكان ذلك دليلاً على أن الوادي في هذا القطاع قد قطع شوطا في مرحلة التعرية وتعدى مرحلة الشباب بكل تأكيد .

ب – العمليات الجيومورفولوجية السائدة على المنحدرات

لاشك أن العمليات السائدة بالمنطقة في الوقت الحاضر تختلف عن تلك التي كانت سائدة أبان تكوين الوادي وخاصة خلال البليستوسين ، ففي حين كانت عمليات النحت والإرساب بفعل المياه الجارية هى السائدة وكذلك التجوية الكيميائية ، نجد أن العمليات السائدة في الوقت الحاضر تتركز بصورة رئيسية في عمليات التجوية الميكانيكية ولا يظهر أثر المياه الجارية إلا أثناء حدوث السيول ، كذلك نجد أن هناك بعض العمليات الأخرى مثل حركة المواد والتي تشتمل على الانزلاقات الأرضية والسقوط الصخري ، وفيما يلي عرض مفصل لأهم العمليات الجيومورفولوجية السائدة على منحدرات جوانب الوادي .

١ – التجوية Weathering

تعد من العمليات الجيومورفولوجية الرئيسية السائدة حاليا على جوانب الوادي ويمكن تقسيمها إلى التجوية الميكانيكية والكيميائية ، وتنشط التجوية الميكانيكية نتيجة لكبر المدى الحراري اليومي والسنوي وتنشط التجوية الميكانيكية في كل أنواع الصخور وخاصة الصخور الرسوبية وحيث تنتشر الشقوق والفواصل ، وتتمثل مظاهر التجوية الميكانيكية فيما يلي :

أ – التقشر Exfoliation

وتحدث هذه العملية نتيجة لتعرض الصخر لعمليات التمدد والانكماش وخاصة الطبقة الخارجية . ويمتد بعد ذلك التأثير ببطء إلى داخل الكتلة الصخرية وينتج ذلك لأن الصخر غير جيد

التوصيل للحرارة ولذلك فإن الطبقة التي تتعرض للتقشر لا يزيد سمكها عن بضعة سنتيمترات (محسوب،١٩٩٨،ص ٨٨-٨٩).

وتشكل هذه العملية ما يعرف باسم قباب التقشر وهى عبارة عن كتل صخرية صلبة جرفتها السيول وأرسبتها إما في قاع الوادي أو على أسطح المنحدرات وتتعرض هذه الكتل لعمليات التجوية الكيميائية والتقشر في نفس الوقت ولذلك نجد أن الطبقات التي تتعرض لعملية التقشر يختلف لونها عن الصخر الأصلي ، كذلك قد تتعرض هذه الكتل للتفكك Disintegration في نفس الوقت ، صورة (٥-١٣) .

ب - التفكك الكتلي Block Disintegration

تنشأ هذه العملية في الصخور التي تتسم باتساع المسافات بين الفواصل والشقوق ، وقد سجل الطالب هذه الظاهرة في بعض جوانب الوادي في الصخور النارية ، صورة (٥-١٤) ، وتوجد هذه الظاهرة نتيجة لوجود الفواصل متعامدة ، كما يلاحظ أن عمليات التجوية تكون أكثر تأثيرا في صخور القواطع مما يؤدي إلى ظهور الصخور المحصورة بين القواطع في صورة كتل بارزة تتعرض هي الأخرى بدورها لعمليات التجوية ولكن نتيجة لصلابتها فإن الصخور تتفكك في صورة كتل كبيرة الحجم ، وقد لاحظ الطالب حدوث هذه العملية في أغلب أنواع الصخور ،صورة (٥-١٥-أ) ، (٥-١٥-ب) ، وتؤثر عملية التفكك الكتلي على أسطح المنحدرات في صورة مفتتات كبيرة الحجم عادة ما تستقر عند أقدام المنحدرات ، وتؤدي أيضا إلى شدة انحدار المنحدر وخاصة في الأجزاء التي تحدث بها هذه العملية ، كذلك فإن تراكم هذه الرواسب كبيرة الحجم قد يؤدي إلى تغطية أجزاء من المنحدر وبالتالي يعمل على حماية هذا الجزء من عمليات التعرية الخارجية .

التجوية الكيميائية :

تعمل التجوية الكيميائية على تحلل الصخور وتحويله إلى نوع أخر يختلف في تركيبه المعدني والكيميائي عن الصخر الأصلي الذي تعرض لعملية التجوية ، ولابد من توافر مصدر للماء حتى تتم عملية التجوية الكيميائية سواء كان ذلك المصدر من الأمطار أو بخار الماء الموجود في الهواء

وتؤثر التجوية الكيميائية على جميع أنواع الصخور التي تتألف منها جوانب الوادي ويظهر ذلك في صورة حفر الإذابة الموجودة في صخور الحجر الرملي وصخور الحجر الجيري إذ تتكون بعض الظاهرات الدقيقة المعروفة باسم أقراص عسل النحل Honey Comb صورة (٥-١٦) ، وتتراوح أبعاد هذه الثقوب بين بضعة مليمترات وقد يصل أقطارها لأكثر من متر ، ويلاحظ تكون

صورة (٥-١٣) **عمليات التقشر وتكوين قباب التقشر**

"ناظراً صوب الشمال الغربي"

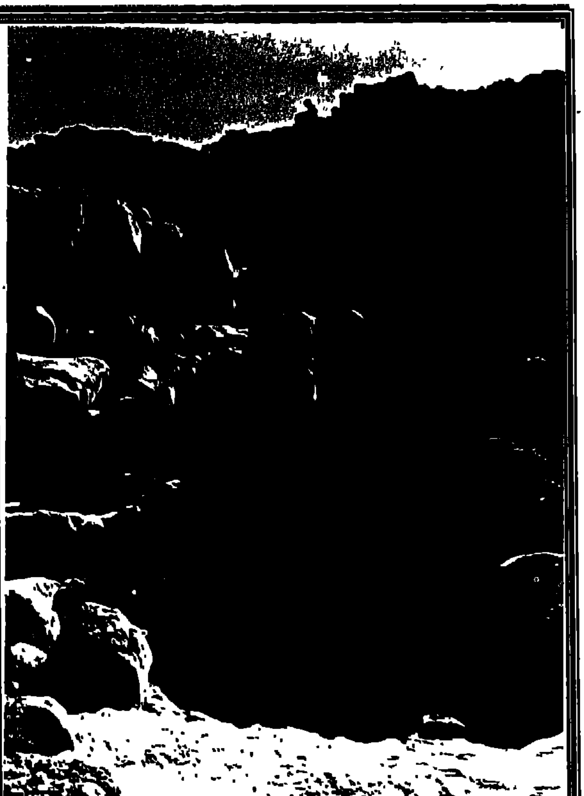
صورة (٥-١٤) **عمليات التفكك الكتلي في صخور الجرانيت**

"ناظراً صوب الشمال الشرقي"

صورة (٥-١٥-أ)

عمليات التفكك الكتلي في صخور الحجر الرملي

"ناظرا صوب الشمال الغربي"



صورة (٥-١٥-ب)

عمليات التفكك الكتلي في صخور الحجر الجيري

"ناظراً صوب الجنوب الغرب"

هذه الظاهرة في الجزء الأسفل للمنحدر وذلك بسبب دور الرياح التي تعمل توسيع هذه الثقوب ونقل المفتتات الناتجة عن عملية الإذابة .

كذلك يظهر أثر التجوية الكيميائية في تغيير لون سطح بعض منحدرات القطاع الأعلى للوادي حيث تتكون طبقة رقيقة سوداء اللون على سطح المنحدرات وخاصة الأجزاء المواجهة للشمس ، وقد ظهرت هذه الظاهرة على جوانب الوادي في قطاعه الأعلى وخاصة تلك الأجزاء التي تتألف من صخور الحجر الجيري .

وفي بعض منحدرات الحجر الرملي تعمل التجوية الكيميائية على تكوين طبقة رقيقة لا يتعدى سمكها بضعة سنتيمترات قليلة نتيجة لتفاعل الماء مع العناصر المكونة لصخور الحجر الرملي وهذه الطبقة تعمل على حماية سطح المنحدرات لفترة من الوقت حتى تستطيع السيول أو الرياح إزالة هذه الطبقة وممارسة عملها على أسطح المنحدرات ، صورة (٥-١٧) .

ويؤكد الطالب على أنه يصعب الفصل بين عمليات التجوية الميكانيكية والكيميائية فمعظم الأشكال الموجودة بالمناطق الجافة هي نتاج لتفاعل العمليتين معاً.

ومن الممكن أن نطلق على سفوح جوانب الوادي بناءاً على ما سبق بأنها منحدرات التجوية المحدودة Weathering Limited Slopes أي أن معدلات نقل الرواسب من على المنحدرات تفوق مقدار ما ينتج من رواسب بفعل عملية التجوية ، ويرجع ذلك كما أشار (Hanson,L.,2000,p.3) إلى تأثير العوامل التكتونية وصلابة الصخر ، ولكننا لا نستطيع الجزم بهذا الرأي على كل أجزاء المنحدر ، فالأجزاء العليا تتسم بتفوق عملية النقل على عملية التجوية وبالتالي تقل عليها الرواسب لأنها تُنقل باستمرار لأقدام المنحدرات ، أما الأجزاء السفلى من المنحدر فتتراكم عليها الرواسب نتيجة لقلة انحدارها والتالي فإن عملية التجوية تتفوق على عملية نقل الرواسب وبالتالي تتراكم الإرسابات في صورة مخاريط هشيم ولذلك من الممكن أن نطلق على هذا الجزء من المنحدرات Transport-Limited Slopes أو المنحدرات محدودة النقل ، كذلك ينبغي القول بأن نوع الصخر يلعب دوراً رئيسياً في عملية التجوية ، فالمنحدرات التي تتألف من الصخور الصلبة (القطاع الأدنى للوادي) يحدث لها تعديل طفيف بفعل عمليات التجوية ، أما المنحدرات التي تتألف من الصخور الأقل صلابة (منحدرات القطاع الأعلى للوادي) فإنها تتأثر بعمليات التجوية بصورة أكبر .

صورة (٥-١٦) حفر الإذابة الناتجة عن التجوية الكيميائية

"ناظراً صوب الجنوب الغربي"

صورة (٥-١٧) القشور الملحية التي تتكون على أسطح المنحدرات بفعل التجوية الكيميائية

"ناظراً صوب الشمال الشرقي"

٢ – عمليات المياه :

تقوم المياه الجارية بعدة عمليات على منحدرات جوانب الوادي وهي

أ – أثر قطرات المطر Rain Drop Action

ب – الغسل السيلي Rill Wash Erosion

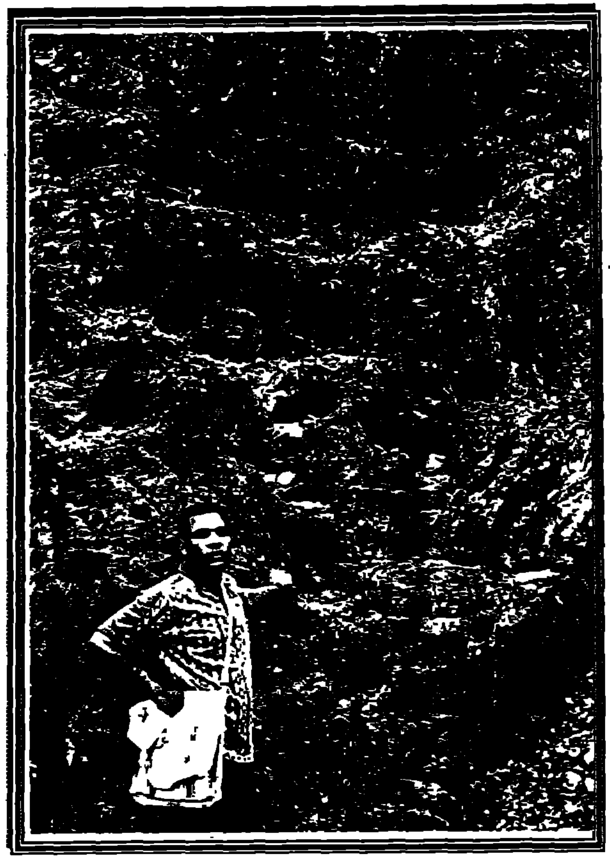
وينبغي الإشارة إلى أن هذه العمليات لا تحدث إلا عندما يسقط المطر الذي -كما أشرنا من قبل- لا يسقط إلا في صورة سيول غير منتظمة الفترة أو الكمية .

أ – أثر قطرات المطر Rain Drop Action

نتيجة لسقوط الأمطار بصورة غير منتظمة وبكميات غير منتظمة تتكون بعض الثقوب والتي لا يتعدى اتساعها بضعة سنتيمترات ويتباين عمقها بين ٥-٤٠ سم ، وتنتشر هذه الثقوب على جوانب الوادي ، صورة (٥-١٨) ، ويؤدي اتساع الثقوب إلى التحامها ومن ثم تعمل على تراجع المنحدر ، وتعمل الرياح على حمل الذرات المتخلفة عن عملية اصطدام زخات المطر بالصخر ، وتترك الرواسب الخشنة حتى يحدث جريان يكفي لحمل هذه المفتتات وترسيبها عند أقدام المنحدرات .

ب – عملية النحت بفعل المسيلات المائية :

يتضح تأثير المسيلات المائية على منحدرات جوانب الوادي في العمل على تقطيع هذه المنحدرات ونحتها ونقل المفتتات إلى أقدام المنحدرات ، كما أن هذه المسيلات تعمل على نقل الرواسب المتراكمة من عمليات التجوية ، وكما أشار سمول (Small,1978,p.199) إلى أن عمل هذه المسيلات يحتاج إلى درجات انحدار شديدة حتى تتكون المنحدرات المقعرة ، وتزداد كفاءة النحت في القطاع الأوسط للمنحدرات نتيجة لزيادة كمية وسرعة المياه مقارنة بالجزء الأعلى حيث تقل كمية المياه ويكون الجريان غطائياً Sheet Flow وقد لاحظ الطالب انتشار المسيلات المائية في مناطق الضعف الليثولوجي في القطاع الأدنى من الوادي وتتمثل هذه المناطق بصورة رئيسية في القواطع والسدود المنتشرة بكثرة في هذا القطاع وتعمل المسيلات الغائرة على قطع التتابع وظهور زوايا سالبة ، وتأخذ هذه المسيلات اتجاهات مختلفة عند بداية تكونها على سطح المنحدرات **ولكنها ما تلبث أن تتلاحم سويا وتأخذ أقصر طريق للوصول إلى أقدام المنحدرات ولاشك أن هذه** العملية تعمل على تراجع المنحدرات تدريجيا (Chorley,1969,p.100) .



صورة (٥-١٨)

أثر زخات المطر في صخور الجرانيت على منحدرات جوانب الوادي

"ناظرا صوب الجنوب الشرقي"

صورة (٥-١٩)

عملية التساقط الصخري في قاع أحد الروافد الخانقية

"ناظرا صوب الشمال الغربي"

٣ - حركة المواد :

وتنقسم إلى

أ - السقوط الصخري

ب - الانزلاقات الصخرية

بالنسبة للسقوط الصخري **Rock Fall** فإنها تحدث فوق السطوح الصخرية شديدة الانحدار والتي يتعدى انحدارها ٤٠° حيث تسقط الكتل مباشرة دون أن تلامس سطح المنحدر سوى في مرات معدودة ، وتتعرض هذه الكتل للتفتت نتيجة لعملية الاصطدام وخاصة إذا كانت مكونة من صخور هشة ، ولا تنتشر هذه الظاهرة في القطاع الأدنى للوادي على الرغم من شدة انحداره وربما يرجع ذلك لصلابة الصخور ، ويعتقد الطالب أن أغلب عمليات السقوط الصخري التي تحدث على منحدرات القطاع الأدنى للوادي إنما تكون نتيجة لحدوث الزلازل والتي تحدث بكثرة في منطقة الدراسة ، وترتبط عملية السقوط الصخري بتراجع المنحدرات كذلك تعمل على زيادة رواسب ركام الهشيم وزيادة أحجامها نتيجة لما يضاف إليها من عملية السقوط الصخري .

وتقل عمليات السقوط الصخري على منحدرات القطاع الأعلى للوادي نتيجة لقلة انحدارها نسبيا ، وعلى الرغم من ذلك تحدث عمليات السقوط الصخري في بعض الروافد الخانقية إذ تتراوح درجة الانحدار في بعض الأحيان نحو ٩٠° ونتيجة لتعاقب الطبقات الصلبة مع الطبقات اللينة تتعرض الصخور اللينة للتآكل بفعل عمليات التعرية مخلفة فوقها الصخور الأكثر صلابة في صورة أسطح معلقة لا تلبث أن تسقط في قاع هذه الروافد الخانقية، صورة (٥-١٩) .

<u>ويمكن إجمال العوامل المؤثرة في عملية السقوط الصخري بالمنطقة فيما يلي :</u>

- نوع الصخر وخصائصه الليثولوجية
- قوى الجاذبية Gravity Stresses
- التقويض السفلي للمنحدرات بفعل المياه أو بفعل الحفر البشري
- تأثر الجروف الصخرية بفعل عمليات التجوية
- فعل المياه في الشقوق الفواصل المنتشرة في الصخور
- زيادة المدى الحراري الذي يعمل على تمدد وانكماش الصخر ومن ثم تعرضه لتفتت والسقوط
- النشاط السيزمي بالمنطقة والذي يؤدي إلى تفكك الصخر وسقوطه وربما يكون تحرك كتلة أو سقوطها نذيراً بسقوط كميات أكبر من الصخور كانت مرتكزة فوق هذه الكتلة .

ب - الانزلاقات الصخرية Landslides

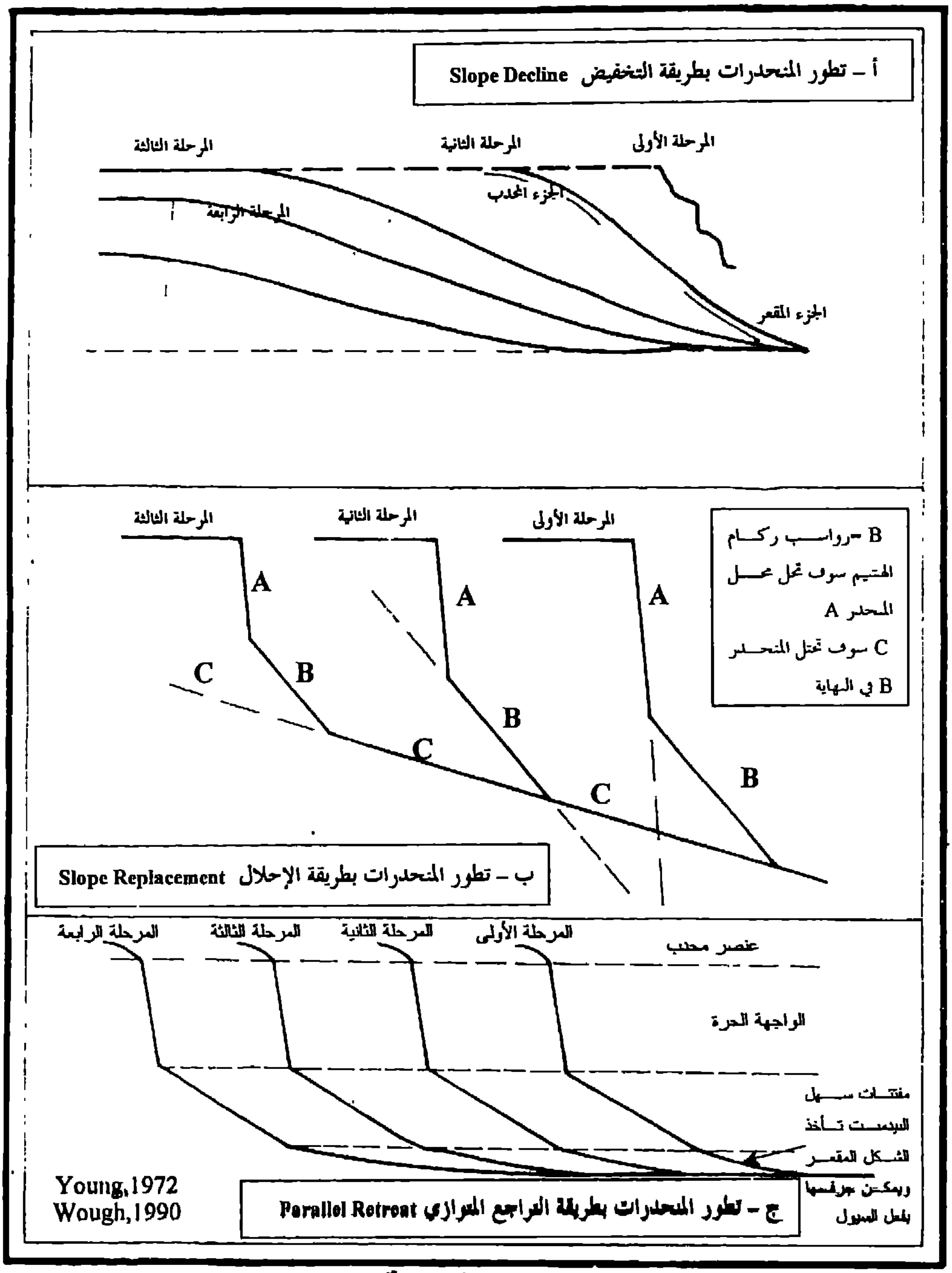
وتحدث هذه العملية على المنحدرات قليلة الانحدار إذ تظل الكتل والمفتتات المنزلقة ملامسة لسطح المنحدر أثناء انتقالها من أي جزء على سطح المنحدر إلى السفح ، وتحدث هذه العملية نتيجة لانتشار الشقوق والفواصل في الصخر حيث تتخلل المياه - أثناء سقوط المطر - في هذه الفواصل وتعمل على توسيعها ومن ثم فصل الكتل الصخرية وانزلاقها على سطح المنحدر ، وربما تتبع هذه العملية سقوط لهذه الكتل ، وتصل عملية الانزلاق الصخري إلى أقصى معدل لها بعد سقوط المطر حيث تعمل المياه على زيادة المواد الصخرية ومن ثم زيادة ضغطها على السطح حتى تبدأ في التحرك يساعدها في ذلك السطح المبتل .

وكما ذكرنا عند دراسة عملية السقوط الصخري فإن عملية الانزلاق الصخري تقل في منحدرات جوانب الوادي في الجزء الأدنى نتيجة لشدة صلابة الصخور ، وتنتشر بمنحدرات القطاع الأعلى من الوادي حيث تتسم الصخور بقلة صلابتها وبزيادة تأثير عمليات التجوية وبالتالي توافر المواد المجواة Weathered Material .

هذا وقد سجل الطالب أبعاد بعض الكتل المنزلقة وتراوحت أبعادها بين ١-١,٥ متر وتقل في بعض الأحيان لأقل من المتر الواحد ، وعادة ما تتسم المواد المنزلقة على القطاع الأدنى للوادي بزيادة أحجامها وشدة تحززها حيث أنها مشتقة من صخور بلورية يصعب تهذيبها بسهولة ، بينما نجد أن الرواسب المنزلقة على قطاعات الجزء الأعلى تتسم بقلة أحجامها وقلة انحدارها وقلة تحززها ، وفي بعض الأحيان تتسم المفتتات المتحركة على سطح المنحدر بقلة أحجامها وبطء حركتها ويطلق عليها في الحالة الزحف الصخري Rock Creep تنتشر هذه الظاهرة بكثرة في المنحدرات التي تتسم بوجود طبقة علوية من صخور الحجر الرملي تعلو طبقة الجرانيت الصلبة إذ تتعرض الطبقة العليا للتفتت بصورة أسرع مما يؤدي إلى تراكم المفتتات الصخرية صغيرة الحجم فوق الصخور الصلبة وربما تزداد هذه الرواسب حتى تصل إلى بداية الواجهة الصخرية Free Face وتتسم هذه الرواسب بزيادة سمكها بالاتجاه صوب قاعدة المنحدر .

سابعا : تطور المنحدرات Slope Development

يعد موضوع تطور المنحدرات من الموضوعات التي تثير كثيراً من الجدل بين الجيومورفولوجيين وذلك بسبب طول الفترة الزمنية التي تتطور خلالها المنحدرات وكذلك نتيجة لتشابك العمليات التي تشكل المنحدرات وتؤدي إلى تطورها ، وقد ركزت أغلب هذه النظريات على محاولة تفسير أصل نشأة العناصر المحدبة والمقعرة وتطور الأجزاء شديدة الانحدار وقد أجمعت أراء أغلب الباحثين على أن سبب نشأة الأجزاء المقعرة يرجع إلى فعل المياه الجارية



شكل (٥-١١) **المراحل التطورية للمنحدرات**

(Young,1972,pp.92-93) فيما ذكر كثير من الباحثين أن الأجزاء المحدبة تنشأ بسبب عمليات التجوية وزحف الصخر ولكن على الرغم من الجدل الذي صاحب محاولات تفسير نشأة المنحدرات وتطورها فقد أشار أغلب الباحثين (Doornkamp&King,1971,p.117) (Young,1972,pp.38-48) (Wough,1990,pp.41-42) إلى ثلاثة أشكال رئيسية لتطور المنحدرات وهى :

أ – تطور المنحدرات بطريقة التخفيض

وهذه الطريقة وضعها ديفيز عام ١٨٩٩ ، شكل (٥-١١) ، ويفترض في هذه الطريقة تخفيض سريع للأجزاء العليا للمنحدرات التي تتسم بشدة انحدارها ، ونتيجة لعمليات التخفيض المستمر تقل درجة انحدار هذا الجزء ، وبعد ذلك يتطور المنحدر إلى أجزاء محدبة ومقعرة وفي مرحلة التعرية الأخيرة يقل انحدار المنحدرات جداً وتصبح شبه مستوية ويتكون السهل الذي نطلق عليه Peneplain وهذه النظرية تفترض حدوث هذا التطور في المناطق ذات المناخ الرطب .

ب – تطور المنحدرات بطريقة الإحلال Slope Replacement

وقد وضع فروض هذه النظرية العالم الألماني بنك Penck عام ١٩٢٤ في دراسته للمنحدرات في إقليم جبال الألب في أوربا وجبال الإنديز في أمريكا الجنوبية ، وقد أشار إلى أنها تسود في المناطق التي تتأثر بالنشاط التكتوني ، وتفترض هذه النظرية تناقص درجة الانحدار القصوى نتيجة لتراكم الرواسب عند قاعدة المنحدر وتبدأ في الطغيان على الأجزاء شديدة الانحدار وفي نهاية عملية التطور تظهر الأجزاء المقعرة وسط المنحدر .

ج – تطور المنحدرات بطريقة التراجع المتوازي Parallel Retreat

وقد وضع أسس هذه النظرية ليستر كنج عام ١٩٤٨،١٩٥٧ في دراسته لأنماط المنحدرات في جنوب أفريقيا ، وأشار إلى أن هذه المنحدرات تتكون في المناطق شبه الجافة ومناطق الجروف الساحلية وتفترض هذه الطريقة ثبات درجة انحدار الأجزاء العليا من المنحدرات ومعظم أجزاء المنحدر باستثناء الجزء الأسفل أو أقدام المنحدرات التي تتسم بزيادة تقعرها ، شكل (٥-١١) ، كذلك فإن هذه النظرية تفترض أن المنحدر يتألف من وحدتين :-

- **قسم أسفل مقعر قليل الانحدار (بيدمنت)**
- قسم أعلى مستقيم شديد الانحدار

وتعمل التجوية على تراجع القسم الأعلى كما أنها تعمل على زيادة امتداد نطاق البيدمنت

وما من شك في أن هذه النظريات والافتراضات السابقة تتسم بالعمومية وتحتاج إلى المزيد من الدراسات التفصيلية حيث أن هناك مجموعة متشابكة من العوامل والعمليات التي تسهم في

تطور المنحدرات ، فعلى سبيل المثال فقد نجد أن التراجع المتوازي في المناطق الرطبة ناجما عن فعل الامواج وقد يكون بسبب عمليات التجوية في المناطق شبه الجافة .

وبناءا على ما سبق فيمكن إبداء الملاحظات التالية على تطور منحدرات جوانب الوادي :

- تأثر جوانب الوادي بنظرية التخفيض في بداية تكوين الوادي نتيجة لشدة فعل المياه وبافتراض ثبات كمية الأمطار التي كانت تسقط على الوادي وتساويها فإن منحدرات القطاع الأدنى للوادي كانت أقل تأثرا بعمليات التخفيض نتيجة لصلابة صخورها ومن ثم تعرضت هذه الأجزاء لعملية الإحلال البطيء ويستدل على ذلك بضيق الوادي في هذا القطاع ، كما أن السيول الجارفة كانت تعمل باستمرار على جرف الرواسب المتراكمة عند أقدام المنحدرات ، أما منحدرات القطاع الأعلى للوادي فكانت أكثر تأثرا بعملية التخفيض Decline حيث تراجعت الحافات وظهرت الأجزاء المقعرة تشكل أغلب هذه المنحدرات ويظهر ذلك في القطاعات أرقام (٥،٦،٧،٨) على القطاع الأعلى لجوانب الوادي .
- وفي الوقت الحاضر فإن هذه المنحدرات تتأثر بنظرية الإحلال وفي الأجزاء التي تأثرت بشدة بالظروف التكتونية ، كذلك فإن منحدرات هذا القطاع تتأثر بنظرية التراجع المتوازي نتيجة لنشاط عملية التجوية في ظروف الجفاف التي تسود الحوض بصفة عامة في الوقت الراهن ، ولذلك تتراكم الرواسب في الأجزاء الدنيا لجوانب الوادي وتطغى في كثير من الأحيان على أجزاء كبيرة من المنحدر ويعتقد الطالب أن منحدرات هذا الجزء قد مرت بأكثر من مرحلة تطورية حتى تصل إلى شكلها الحالي وهي :
- <u>مرحلة رطبة</u> عملت على تشكيل جوانب الوادي وزيادة اتساع قاعه وخاصة في الأجزاء التي تصب فيها الروافد الرئيسية ، وقد أدت هذه الفترة إلى ظهور الأجزاء المقعرة وزيادة مسافاتها الأرضية مما يدل على طول الفترة الزمنية التي استغرقتها عملية تشكيلها بفعل المياه الجارية .
- <u>مرحلة الجفاف الحالي</u> وتتسم هذه المرحلة بقلة تأثير فعل المياه الجارية وسيادة عمليات التجوية ونتج عن ذلك تراكم المفتتات عند أقدام المنحدرات وساعد على ذلك قلة النبات الطبيعي، ولاشك أن خلال هذين الفترتين توجد بعض الفترات الثانوية والتي كان المطر يقل خلالها وبالتالي يجنح الوادي إلى ترسيب رواسبه الفيضية ، وخلال الفترات المطيرة كان الوادي يجنح إلى نحت هذه الرواسب تاركا بقاياها في صورة سلسلة من المدرجات النهرية تمثل مظهرا مميزا لجوانب الوادي في هذا القطاع ، وتعمل السيول الحالية على نحت هذه

المدرجات وبذلك فهى لا توجد في صورة منتظمة سوى في الأجزاءِ المحدبة للمنحنيات النهرية.

- أما منحدرات جوانب الوادي في قطاعه الأدنى فإنها ارتبطت بعمليات التصدع التي أصابت المنطقة متزامنة مع الخسف الأخدودي لخليج العقبة وبالتالي فإن تأثر هذه الجوانب بعوامل التعرية كان تأثرا محدودا وتظهر جوانب الوادي في صورة حافات صدعية شديدة الانحدار ولم تستطع المياه الجارية في الماضي سوى أن تعمل على تعميق الوادي وبالتالي فيمكننا القول بأن وادي وتير يمثل واديا منطبعا في قطاعه الأدنى فوق الصدوع التي كانت سابقة لنشأة الوادي بصورته الحالية ، وتعمل السيول الحالية على إزالة الرواسب التي تتراكم عند أقدام المنحدرات نتيجة لعملية التجوية ، وبناءا على ذلك فأنه على الرغم من الفترات التطورية التي شهدها القطاع الأدنى للوادي فإن عاملي البنية ونوع الصخر كانت لهما اليد العليا في قلة تأثر الوادي في هذا القطاع بعمليات التعرية المختلفة ويأتي على رأسها المياه الجارية .

ثامنا – الأشكال الجيومورفولوجية المرتبطة بالمنحدرات:

يرتبط بالمنحدرات بعض الأشكال الجيومورفولوجية والتي أطلق عليها إمبابي أشكال المنحدرات الدقيقة "Micro-Slopes Forms" (إمبابي، ١٩٧١، ص١١٧)، وأضاف بأن هذه الأشكال ربما تكون نتيجة لطبيعة التكوين الصخري ومظاهر البنية الجيولوجية أو نتيجة لعوامل التشكيل الخارجية، ويمكن تقسيم الأشكال الجيومورفولوجية التي ترتبط بالمنحدرات إلى:-

أ- التلال المنعزلة والشواهد الصخرية.

ب- ركام الهشيم

ج- أشكال الانهيار الأرضي والسقوط الصخري.

أ- التلال المنعزلة والشواهد الصخرية:

تنشأ هذه التلال نتيجة لتراجع المنحدرات بفعل عوامل التعرية المختلفة وخاصة المياه الجارية، ولا تنتشر هذه الظاهرة بكثرة في القطاع الأدنى للوادي نظرا لصلابة الصخور وبالتالي قلة معدلات التراجع بصفة عامة ولكن بالرغم من ذلك فقد سجل الطالب بعض هذه التلال ولا يتعدى ارتفاعها بضعة أمتار قليلة، ويلاحظ أنها تتسم بالانحدارات الخفيفة صوب المنبع وبانحداراتها الشديدة صوب المصب وربما يرجع ذلك لأن هذه التلال تمثل مصايد للرواسب الخشنة التي يحملها الوادي أثناء حدوث السيول وبالتالي تتراكم الرواسب أمام هذه التلال وتعمل على تخفيض انحداراتها، وتتراوح درجة انحدار الجزء المواجه للمنبع بين ٥-١٠ درجات بينما يصل

صورة (٥-٢٠) أحد التلال الصغيرة المتخلفة عن تراجع جوانب الوادي في قطاعه الأدنى "ناظراً صوب الغرب"

صورة (٥-٢١) الشواهد الصخرية في الصخور الرملية (على هيئة رأس طائر) "ناظراً صوب الجنوب الغربي"

انحدار الجزء المواجه للمصب ١٥-٢٥ درجة ، صورة (٥-٢٠) وقد بلغ ارتفاع هذا التل نحو ٧ أمتار وبلغ أقصى امتداد له نحو ٨ أمتار.

وتنتشر التلال المنعزلة في القطاع الأعلى للوادي حيث تتسم الصخور الرسوبية بقلة صلابتها وبالتالي تتخلف بعض التلال المنتشرة على جانب الوادي إبتداءا من مصب وادي الزلقة وحتى الروافد الشمالية للوادي وتتألف أغلب هذه التلال من الحجر الرملي والحجر الجيري وتتراوح زوايا انحدارها بين ٥-٣٠ درجة ، ولاشك أن هناك عوامل عديدة قد ساهمت في تشكيل هذه التلال بدأت بالمياه الجارية ، أما في الوقت الحاضر فإن الرياح تلعب دورا رئيسيا في إعادة تشكيل هذه التلال خاصة وأنها توجد في منطقة أقل تضرسا من الجزء الأدنى للوادي، ومن ثم تعمل الرياح في مسارات عديدة لإعادة تشكيل هذه التلال.

كذلك تنتشر الشواهد الصخرية في هذه النطاق نتيجة لفعل الرياح حيث تعمل الرياح على نحت الطبقات السفلى اللينة بمعدلات أكبر من نحتها للطبقات الصلبة التي تعلوها وبالتالي تظل الطبقة الصلبة في صورة معلقة إلى أن تسقط ، وقد تظهر هذه الشواهد الصخرية أيضا على الرغم من تجانس الطبقات وفي هذه الحالة فإن وجود هذه الشواهد الصخرية يعزى إلى أن قوة نحت الرياح تزداد في الأجزاء القريبة من سطح الأرض نتيجة لتمكنها من حمل حبيبات رملية تستخدمها كمعولات للنحت وتقل كمية الرواسب التي تحملها الرياح في الطبقات الأعلى وبالتالي تتكون بعض الظاهرات فريدة الشكل كالتي توضحها صورة (٥-٢١).

وتنتشر هذه الأشكال بكثرة في قطاع الوادي الأعلى نتيجة لكبر إتساعه وقلة مقاومة جوانب الوادي للعمليات التعرية.

ب - ركام الهشيم Talus

ويقصد بها الرواسب التي تتراكم عند أقدام الحافات شديدة الانحدار وعادة ما تتألف هذه الرواسب من مفتتات كبيرة الحجم وتوجد هذه الرواسب على المنحدرات التي تتراوح درجة انحدارها بين ٢٦-٣٥ درجة وتشبه شكل المخروط التي توجد قاعدته عند أقدام الحافة ورأسه باتجاه أعلى المنحدر ، وهذه الرواسب نتاج عمليات التجوية وتتحرك بفعل قوى الجاذبية الأرضية إذ تبستقر المواد الخشنة الجلاميد عند أقدام الحافة ويليها المواد الأقل خشونة ، (أبو العنين ١٩٨٩ ، ٣٣٠ - ٣٣١) .

وقد أشار الشرقاوي (El- Sharkawy, 1980,P.16-19) عند دراسته لرواسب ركام الهشبم في الصحراء الغربية إلى أنها تتأثر بثلاث عوامل رئيسية هي:

نوع الصخر : يعتبر نوع الصخر وخصائصه الليثولوجية ونظام الشقوق والفواصل به يؤثر على حجم وكمية المواد المجواة Weathered Material التي يتألف منها ركام الهشيم، ولذلك فالصخور الصلبة تعد أقل تأثر بعملية التجوية من الصخور الهشة.

المناخ: يعتبر عنصر الحرارة من أهم العوامل المؤثرة على تكوين رواسب ركام الهشيم وخاصة إذا كان المدى الحراري (اليومي أو الفصلي) كبير فيعمل ذلك على سرعة تفكك الصخر وتفتته.

طبيعة التضاريس: ونعنى بها درجة الانحدار ، فلا شك أن المنحدرات الشديدة الانحدار تعمل على نقل الرواسب المجواه أولاً بأول إلى أسفل المنحدر، وقد أطلق على هذه النوع من المنحدرات Weathering Limited Slopes وبصفة عامة ينبغي ألا تقل درجة الانحدار عن ٣٥°.

وتنتشر هذه الظاهرة على جوانب الوادي سواء كان ذلك في قطاعه الأدنى أم الأعلى نتيجة لملائمة ظروف تكونها ويتعدى انحدار جوانب الوادي في بعض الأحيان ٨٠ درجة، كذلك تنتشر الشقوق والفواصل بكثرة في الصخور ويتراوح ارتفاع هذه الأشكال بين ١٥-٦٠ متر وتصل درجة الانحدار لأكثر من ٣٥ درجة في بعض الأحيان ولذلك يصعب تسلقها خاصة عند وجودها على منحدرات تتألف من الصخور النارية.

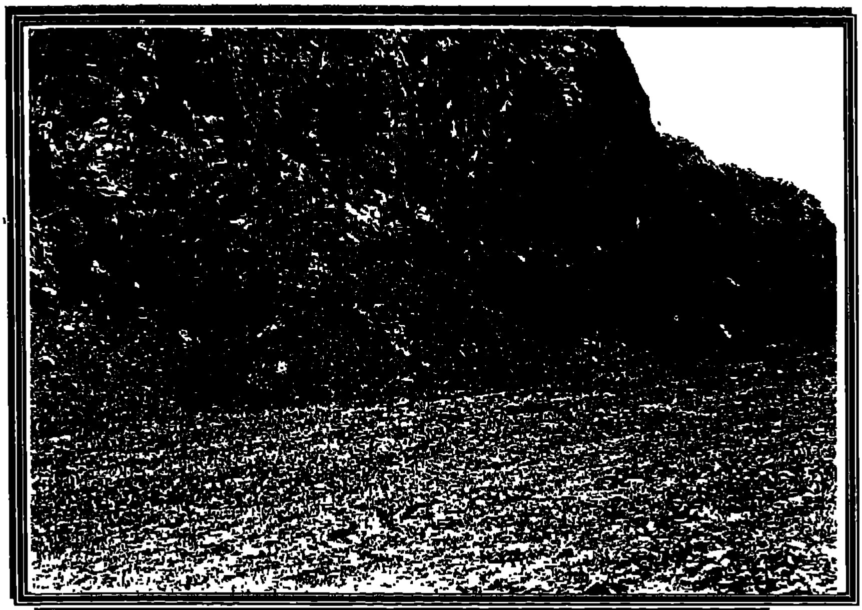
وتتألف هذه الرواسب من مواد ذات أحجام متباينة جيث ترتفع نسبة الحصى والجلاميد ، ومن خلال عدة عينات لهذه الرواسب اتضح أن أحجام الرواسب تتراوح بين ٢٠-٥٠ سم في بعض الأحيان وتقل نسبة المواد الناعمة لأقل من ١٠٪ وخاصة في رواسب ركام الهشيم الموجودة في نطاق الصخور النارية، كما أنها تتسم بأنها حادة الزوايا جداً ، صورة (٥-٢٢).

كذلك تتسم هذه الرواسب في بعض الأحيان باللون الأسود ويرجع ذلك إلى أن أغلب رواسبها قد أُشتق من تكوينات القواطع والسدود البازلتية التي تتسم بسرعة تفككها مقارنة بصخور الجرانيت المحيطة بها.

ج - أشكال الانهيار الأرضي والسقوط الصخري.

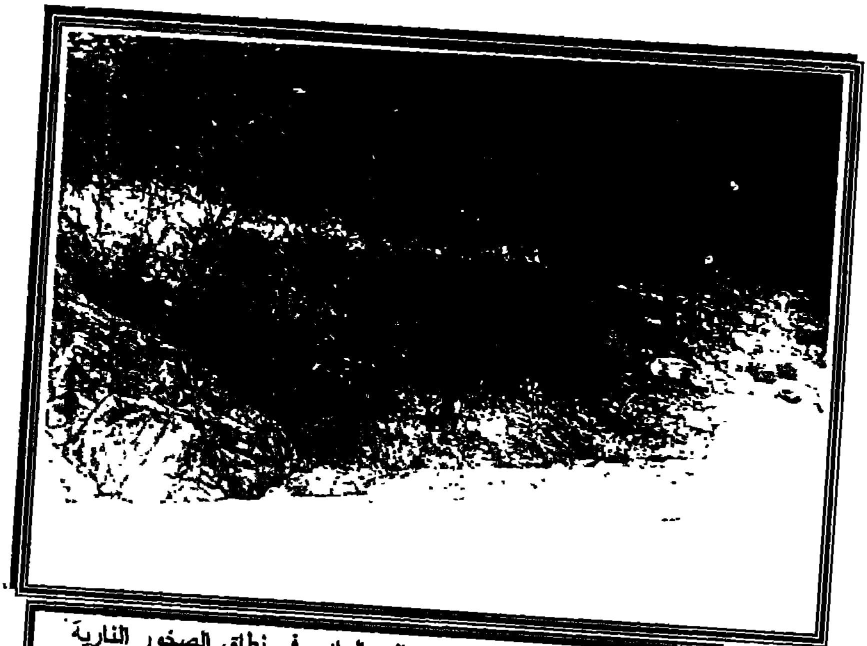
ترتبط هذه الأشكال بوجود الحافات وتعاقب طبقات صلبة مع طبقات لينة، كذلك فإن انتشار الشقوق والفواصل في الصخور يؤدي إلى انفصال الكتل الصخرية وسقوطها عند أقدام منحدرات جوانب الوادي.

ويتشابه سقوط الصخور Rock Fall الانزلاقات الأرضية Slides في أن كل منهما يحدث بسرعة على المنحدرات ولكنهما يختلفان في أن الصخور الساقطة لا تلامس سطح المنحدر إلا مرات قليلة ولكن الصخور المنزلقة تظل ملامسة لسطح المنحدر حتى تصل إلى أقدام الحافات،



صورة (٥-٢٢-أ) رواسب ركام الهشيم على منحدرات جوانب الوادي فـــي الصخـــور النارية (بلغت درجة الانحدار ٣٢°) "ناظراً صوب الشمال"

صورة (٥-٢٢-ب) رواسب ركام الهشيم على الجانب الشرقي للوادي "ناظراً صوب الشمال الشرقي"



صورة (٥-٢٣) الانزلاقات الصخرية على جوانب الوادي في نطاق الصخور النارية
"ناظراً صوب الشمال الغربي"

صورة (٥-٢٤) تراكم الصخور المنزلقة والساقطة عند أقدام المنحدرات ويلاحظ كبر أحجامها
"ناظراً صوب الجنوب الشرقي"

صورة (٥-٢٥)

إحدى الكتل الصخرية وقد احتجزت داخل أحد الخوانق الضيقة
"ناظرا صوب الشمال"

كذلك يلاحظ أن الصخور الساقطة أكبر حجما من الصخور المنزلقة (أبو العينين ١٩٨٩، ص٣٢٣).

وتنتشر ظاهرة سقوط الصخر وانزلاقه على جوانب وادي وتير وروافد أيضا ، صورة (٥-٢٣) ، ويصل حجم بعض الكتل الساقطة لعدة أمتار ، إلا أن الطالب لاحظ قلة الصخور الساقطة والمنزلقة في القطاع الأدنى للوادي حيث أن هذه الظاهرة لا تمثل خطرا على الرغم من ضيق الوادي في هذا القطاع ، وربما يرجع ذلك لصلابة الصخور النارية التي تؤلف جوانب الوادي في هذا القطاع ، وعلى الرغم من ذلك فقد سجل الطالب بعض المواضع التي تتراكم فيها الصخور عند أقدام المنحدرات ، صورة (٥-٢٤) وبلغت أبعاد هذه الكتل ٠,٨ - ٢ متر.

وتظهر أشكال السقوط الصخري والانهيارات الأرضية في النطاق الشمالي للوادي حيث تسود الصخور الرسوبية ، وتتسم هذه الرواسب بقلة أحجارها في منحدرات جوانب الواردة الرئيسي، وعلى الرغم من ذلك فإن الصخور الساقطة تعمل على سد بعض الخوانق الموجودة ، في صخور الحجر الرملي على الجانب الشرقي للوادي صورة (٥-٢٥) ، ولا تسبب الكتل الصخرية المنزلقة أو الساقطة أي خطر في منحدرات القطاع الشمالي للوادي وذلك بسبب تباعد حافتي الوادي عن الطرق الرئيسي بين نويبع والنفق ، كذلك لا تنتشر حلات عمرانية في مناطق الانهيارات الارضيه.

الخلاصــــة:-

١- تم دراسة منحدرات جوانب الوادى عن طريق قياس ٢٠ قطاعا ميدانيا منها ١٠ قطاعات على القطاع الأدنى (النارى) للوادى وعشرة مثلها على القطاع الأعلى الرسوبى .

٢- اختيرت مواقع قطاعات المنحدرات لتكون معبرة عن الوحدات الجيولوجية وممثلة لنهايات البروزات وقد بلغ إجمالى أطوال القطاعات نحو ٥,٥٠ كم منها ١,٧ كم فى القطاع الأدنى ونحو ٣,٨ كم فى القطاع الأعلى ، وبلغ متوسط طول القطاع ٢٧٩ مترا.

٣- اتضح من خلال تحليل زوايا الانحدار أن منحدرات القطاع الأدنى تتسم بشدة انحدارها وبالتالى فقد قلت الرواسب الموجودة على أسطح هذه المنحدرات بينما تميزت منحدرات القطاع الأعلى بانحداراتها المتوسطة ووجود المفتتات عليها.

٤- أظهرت دراسة معدلات التقوس على جوانب الوادى تفوق العناصر المحدبة حيث بلغت نسبتها ٥١٪ تليها العناصر المقعرة بنسبة ٣٩,٥٪ ثم العناصر المستقيمة بنسبة ٨,٧٪، وبلغ معدل التقوس العام ١,٢٨.

٥- بلغت نسبة المحدبات على القطاع الأدنى من الوادى ٥٢٪ والمقعرات ٤٣٪ والمستقيمة ٤,٣ وربما يرجع قلة العناصر المستقيمة إلى شدة انحدار جوانب الوادى واختفاء الأجزاء التى تتسم بالانحدار الخفيف.

٦- بلغت نسبة العناصر المستقيمة فى القطاع الأعلى من الوادى نحو ١١٪ والمقعرات ٣٩٪ والمحدبات نحو ٤٩٪، وتزيد نسبة الأجزاء المستقيمة نظرا لوجود مناطق كثيرة تتسم بقلة انحدارها، حيث لعبت العوامل الجيولوجية دورا كبيرا فى تباين منحدرات القطاع الأدنى من الوادى عن القطاع الأعلى .

٧- توجد على جوانب الوادى مجموعة من الأشكال المختلفة للمنحدرات أهمها منحدرات الجروف المقعرة والمنحدرات المستقيمة والمنحدرات المحدبة المقعرة ثم المنحدرات السليمة.

٨- تضافرت مجموعة كبيرة من العوامل التى أثرت على منحدرات الوادى أهمها العوامل الجيولوجية والمياه والرياح ثم المرحلة الجيومورفولوجية .

٩- ظهر بحوض التصريف عدد من الأشكال الجيومورفولوجية ارتبط فى نشأته بتطور المنحدرات مثل أشكال الانهيار الأرضى والسقوط الصخرى وكذلك بعض التلال المنعزلة التى تخلفت عن تراجع الحافات .

الفصل السادس

الأشكال الأرضية الرئيسية بحوض التصريف

أولاً : الأشكال ذات الأصل البنيوي

أ – الحافات الصدعية

ب – الكويستات

ج – الهوجباك

د – الالتواءات المحدبة والمقعرة

ثانياً : الأشكال الناتجة عن التعرية النهرية

أ – المجاري النهرية

ب – القطاعات الطولية

ج – أنماط الأودية

د – المراوح الفيضية

هـ – المدرجات النهرية

و – دلتا وادي وتير.

ثالثاً : الأشكال ذات الأصل الهوائي

أ – أشكال النحت الهوائي

١ – الموائد الصحراوية

٢ – الكهوف وحفر الرياح

ب – أشكال الإرساب الهوائي

١ – الكثبان الصاعدة

٢ – الرمال المنجرفة

٣ – النبكات

رابعا : الأشكال ذات الأصل التحاتي

أ – البيدمنت

ب – أسطح التعرية

مقدمة

تعد الخريطة الجيومورفولوجية المحصلة النهائية للدراسة الجيومورفولوجية ، وتتسم هذه الخريطة – التي تضم معلومات عديدة بأهميتها في عمليات التنمية وكذلك لتحديد الطريقة المثلى لاستغلال البيئة الطبيعية ،ويعد كل من كليماشفسكي Klimaszewski وتريكارت Tricart من الرواد الذين درسوا إمكانية استخدام الخرائط الجيومورفولوجية في مجالات التنمية الاقتصادية ، (فرحان ، ١٩٨٠ ، ص١٣) .

ويضم حوض وادي وتير مجموعة كبيرة من الأشكال الجيومورفولوجية سواء كانت تلك الأشكال كبيرة المقياس Macro Scale Landforms مثل الحافات الصدعية والمجاري النهرية – أو أشكال صغيرة المقياس Micro Scale Landforms مثل نقط التجديد وحفر الغطس والكهوف، وسوف يعالج هذا الفصل أهم الأشكال الرئيسية بالحوض اعتماداً على عوامل النشأة ، وإن كان يصعب في الحقيقة فصل العوامل التي تسهم في نشأة الأشكال الجيومورفولوجية .

وقد اعتمدت هذه الدراسة على عدة مصادر منها تحليل الصور الجوية وخرائط الموزايك ، بالإضافة إلى الخرائط الطبوغرافية ١/٠٠٠,٥٠ ، ١/٠٠٠,١٠٠ كذلك فقد اعتمدت هذه الدراسة على مرئية فضائية Satellite Image من نوع Landsat TM ، وبلغت درجة الوضوح لهذه المرئية Resolution ٣٠ متر ، وأخيراً فإن دراسة الأشكال الأرضية اعتمدت على عدد من الدراسات الميدانية التي قام بها الطالب للمنطقة ، وبعد ذلك وقعت هذه الأشكال على الخريطة الجيومورفولوجية[١] مستخدماً الرموز والاصطلاحات الدولية المتعارف عليها .

وكما أشار سمول (Small,1978,Pp.8-9) فإن الخريطة الجيومورفولوجية قد تضم أنواع الأشكال الجيومورفولوجية مثل (الحافات والمدرجات والمنحدرات) ، كذلك قد تضم الخريطة الجيومورفولوجية بعض العمليات مثل حركة المواد (انزلاق – سقوط) ومواضع النحت الكيميائي والميكانيكي ، كما أن الخريطة الجيومورفولوجية قد تضم بيانات جيولوجية أو هيدرولوجية أو طبوغرافية .

فيما يلي عرض للأشكال الأرضية الرئيسية بحوض التصريف :

---

(١) وضعت الخريطة الجيومورفولوجية مطوية في أخر الفصل حتى يسهل الرجوع إليها

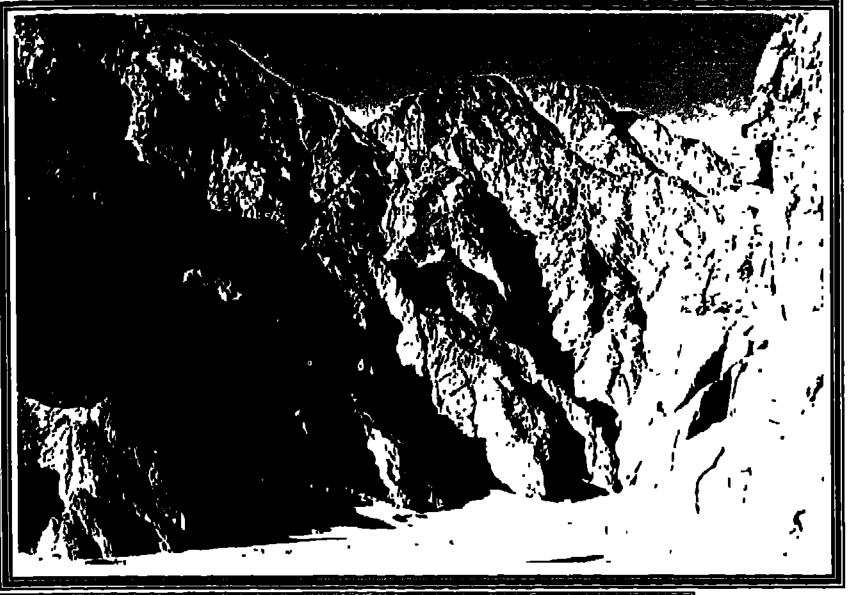
أولاً : الأشكال البنيوية Structural Landforms

أ - الحافات الصدعية Fault – Scarp

يتسم حوض التصريف بزيادة أعداد الصدوع نتيجة لعمليات التصدع التي أصابت المنطقة خلال تاريخها الجيولوجي ، كما رأينا عند دراسة الصدوع ، وإن كان القسم الشرقي والقسم الجنوبي للحوض هما أكثر الأجزاء تأثراً بعمليات التصدع نتيجة لقربهما من خليج العقبة ، وتنتشر الحافات الصدعية في جميع أجزاء الحوض وإن كانت تتسم بزيادة كثافتها في القسم الشرقي والجنوبي للحوض (أنظر الخريطة الجيومورفولوجية) ، وإن كانت تتسم هذه الحافات باستقامتها ولذلك يطلق عليها في بعض الأحيان Fault -Line Scarp وهذه الحافات هي التي تتكون بعد حدوث عمليات التصدع وحدوث فترة هدوء نسبي تعمل على زيادة تأثير عمليات النحت والإرساب الخارجية ، ومن الممكن القول بأن جميع الحافات الصدعية قد شهدت تغيراً عقب حدوث عمليات التصدع ويدل على ذلك المسيلات المائية العديدة التي تقطع هذه الحافات والرواسب التي توجد على أجزاء منها ، ويمكن تقسيم الحافات الصدعية بحوض التصريف إلى :

١-الحافات الصدعية الرئيسية :

وتتمثل هذه الحافات في الحدود الشرقية للحوض إذ أنها تكاد تتفق مع خط تقسم المياه الفاصل بين حوض التصريف وأحواض التصريف التي تصب في خليج العقبة ، وتتسق هذه الحافات في نطاق عدد كبير من الصدوع التي تأخذ الاتجاه الشمالي الشرقي والغربي في أغلبها ، كما تتمثل هذه الحافات في الحدود الشمالية لروافد الوادي الشرقية مثل أودية نخيل والببارية وسعدي وأم مثلة والشفلح وأبو علاقة ، صورة (٦-١) ، (٦-٢) ، وتنحدر هذه الحافات انحداراً شديداً صوب حوض التصريف وتتراوح درجة انحدارها ما بين ٦٠-٨٠ درجة ، وربما توجد بعض الحافات الرأسية تماماً ، ويصل منسوب هذه الحافات ما بين ٥٧٠ متر ، وأكثر من ١٠٠٠متر (جبل العراضة ١٠٢٥متر) ، ويختلف انحدار هذه الحافات من موضع لآخر فهي تتسم بانحداراتها الشديدة في القسم الجنوبي ويصبح الانحدار رأسياً في بعض الأحيان ، ولكن بصفة عامة يقل انحدار هذه الحافات في النطاق الشمالي الشرقي وإن كانت أكثر تقطعاً بفعل المياه من حافات القسم الجنوبي ، صورة (٦-٣) ، (٦-٤) ، كما تتمثل الحافات الصدعية الرئيسية في الحدود الجنوبية الغربية لحوض التصريف حيث تنتشر مجموعة من الصدوع في الروافد العليا لوادي الزلقة .

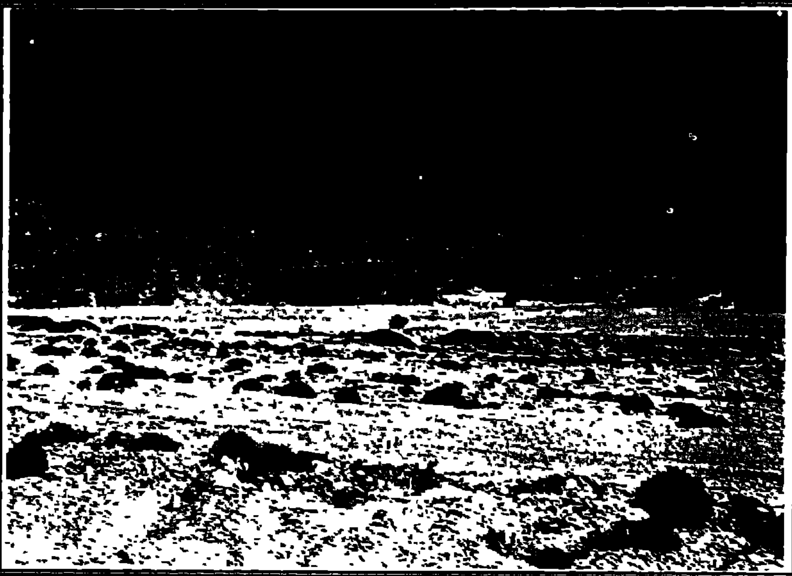


صورة (٦-١) الحافات الصدعية للروافد الشمالية الشرقية لوادي نخيل (لاحظ شدة تأثرها بالمسيلات المائية)

"ناظراً صوب الشمال"

صورة (٦-٢) الحافات الصدعية في أحد الروافد الشرقية لوادي البيارية

"ناظراً صوب الشمال الشرقي"



صورة (٦-٣) الحافات الصدعية في الجزء الشمالي الشرقي للوادي "ناظراً صوب الشمال الشرقي"

صورة (٦-٤) الحافات الصدعية في منطقة الخانق الملون في الروافد الشمالية لوادي نخيل "ناظراً صوب الجنوب الشرقي"

٢- الحافات الصدعية الثانوية :

وهي الحافات الموجودة بأكملها داخل حوض التصريف ، وتظهر هذه الحافات في جميع أجزاء الحوض وإن كانت تزداد كثافة في الجزء الجنوبي وتقل بالاتجاه شمالاً ، ويرجع ذلك بصفة رئيسية إلى شدة تأثر النطاق الجنوبي والجنوبي الشرقي بعمليات التصدع ، وترتبط بهذه الحافات الأودية الخانقية ، كذلك ترتبط ببعض عمليات التساقط الصخري -إذا كانت درجة الانحدار كبيرة- وعمليات الانزلاقات الصخرية ، ولعل أهم ما يميز هذه الحافات في الجزء الجنوبي أسطحها الملساء نتيجة لعمليات الغسل Washing بفعل المياه ، صورة (٦-٥) ، كذلك قد توجد بعض المفتتات خاصة في مواضع المسيلات المائية التي تخترق هذه الحافات .

وتنتشر هذه الحافات على جانبي مجرى وادي وتير ذاته ، صورة (٦-٦) في الجزء الخانقي والذي يمتد من مخرج الوادي وحتى ٤٠كم صوب الشمال ، حيث تتسم هذه الحافات بشدة انحدارها ولا تنقطع إلا في مواضع مصبات الأودية الكبيرة حيث تتكون بعض المراوح الفيضية الصغيرة داخل مجرى الوادي نفسه .

وتكاد تختفي هذه الحافات تماماً في الجزء الشمالي والشمالي الغربي للحوض حيث تقل الصدوع بصفة عامة ويتسم سطح الأرض بقلة الانحدار وسيادة أشكال جيومورفولوجية أخرى من أهمها أسطح التعرية المتسعة .

ب - الكويستات Cuesta

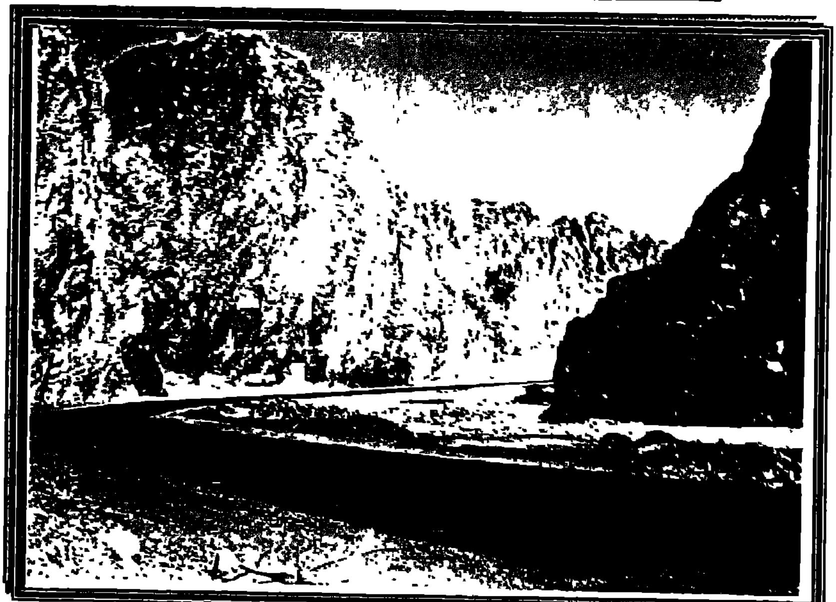
طبقاً لتعريف فيربريدج (Fairbridge,1968,P.233) فإن الكويستا هي سهل قليل الانحدار يتسم بالانحدار الشديد في أحد جوانبه ، وتتراوح درجة الانحدار على ظهر الكويستا بين ٤-٥ درجة ، وتتكون بصورة رئيسية نتيجة لتعاقب طبقات صلبة مع طبقات لينة ، وتتمثل الكويستات في الهوامش الغربية لحوض التصريف حيث توجد الأطراف الجنوبية الشرقية بهضبة العجمة ، شكل (٦-١) .

وتعد هذه الكويستا من أهم الكويستات في حوض التصريف إذ أنها تمتد لمسافة نحو ٦٠كم على الجانب الغربي لحوض التصريف ، وتنحدر هذه الكويستا انحداراً شديداً صوب حوض التصريف وانحداراً هيناً صوب الشمال وتتراوح درجة انحدار وجه الكويستا ما بين ٥٠-٧٠ درجة بينما تقل درجة الانحدار على ظهر الكويستا لأقل من ٧ درجات .

وتتمثل هذه الكويستات في مناطق المنابع العليا لروافد الحوض الرئيسية ومن أهمها وادي الزلقة لوادي الصوانة وأبيض بطنه والشبيحة وقديرة ، ويتراوح منسوب أنف الكويستا ما بين ١٢٠٠-١٤٠٠ متر ، وتأخذ الاتجاه جنوبي غربي / شمالي شرقي في قسمها الجنوبي أي في

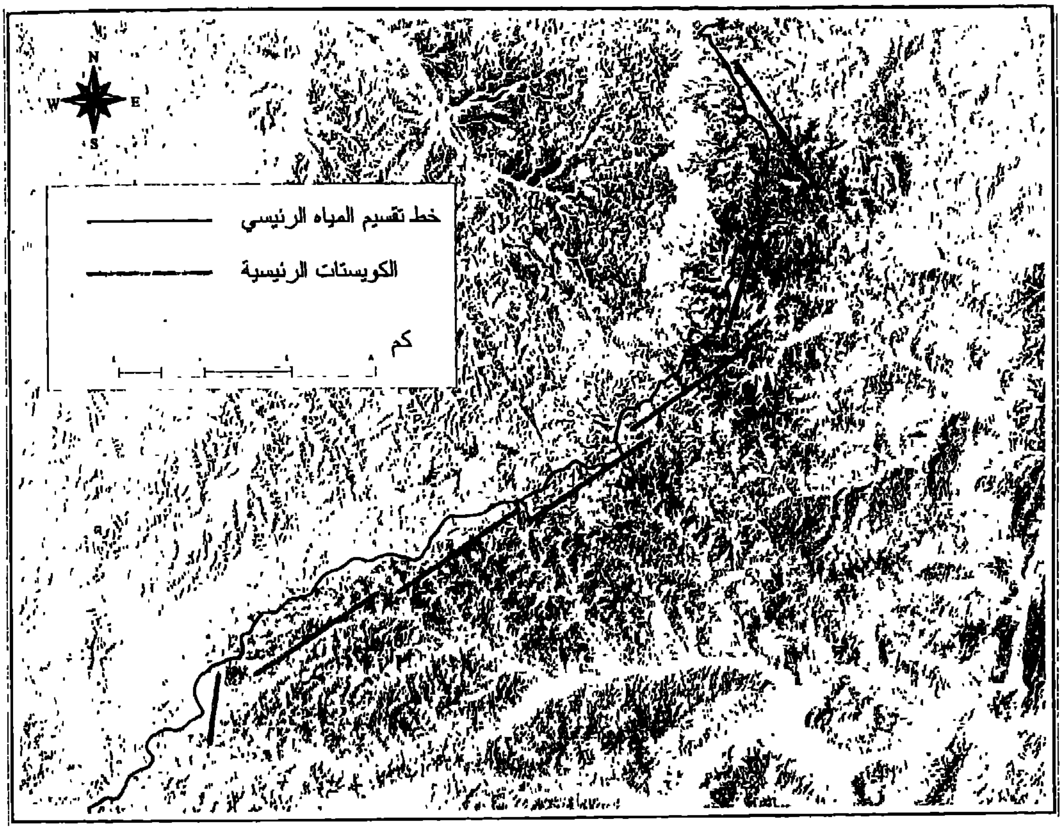
صورة (٦-٥) الحافات الصدعية الثانوية على جوانب وادي غزالة

"ناظراً صوب الشمال الغربي"



صورة (٦-٦) الحافات الصدعية على جوانب وادي وتير

"ناظراً صوب الشمال الشرقي"



شكل (٦-١) **الكويستات الرئيسية بحوض وادي وتير**

مناطق المنابع العليا لوادي الزلقة ، وبعد ذلك تأخذ الاتجاه جنوبي - شمالي في قسمها الشمالي وفي مناطق المناطق المنابع العليا لوادي الصوانة وأبيض بطنه والشبيحة وقديرة .

وتقطع الكويستا مجموعة من الصدوع التي تتعامد مع الاتجاهين السابقين ومن أهم هذه الصدوع صدع أم مفرود والذي يبدأ عنده تغير اتجاه الكويستا ويبلغ طوله نحو ١٨كم منها ٧ كم داخل حوض التصريف .

وقد لاحظ الطالب أن خط تقسيم المياه بين حوض وادي وتير وحوض وادي العريش يكاد ينطبق مع حافة الكويستا المذكورة باستثناء موضعين فقط تتقدم الكويستا داخل حوض التصريف على هيئة أنف ، الموضع الأول يكاد يكون في منتصف الكويستا حيث يدخل لسان داخل حوض التصريف يطلق عليه جبل أم مفرود ويتقدم هذا اللسان داخل حوض التصريف لأكثر من ٥كم ، ويعتقد الطالب أن انتشار الصدوع في هذا الموضع وتكسر حافة الكويستا قد ساعد الروافد الغربية لوادي وتير أن تتقدم في المواضع التي تشغلها هذه الصدوع مخترقة حافة الكويستا ، أما الموضع الآخر الذي تتقدم فيه الكويستا داخل الحوض فيقع في أقصى الامتداد الشمالي للكويستا حيث تتقدم الكويستا داخل الحوض لمسافة نحو ٣كم ، وربما يرجع ذلك إلى قلة منسوب حافة الكويستا في هذا الجزء مما حذا بروافد وادي قديرة أن تتقدم داخل حافة الكويستا .

ويلاحظ شدة انحدار وجه الكويستا صوب حوض التصريف ، وقد كان للعامل الجيولوجي اكبر الأثر في ذلك حيث تتألف هضبة العجمة بصورة رئيسية من صخور الإيوسين الأسفل الجيرية الصلبة التي ترتكز بدورها فوق طفل إسنا الهش (الباليوسين) ،ومن المفترض أن إزالة الغطاء الصخري الجيري الصلد بواسطة عوامل التعرية المختلفة في بعض الأماكن وبواسطة عمليات التصدع في أماكن أخرى قد أدى إلى انكشاف تكوينات إسنا الهشة وتهدلها وتراجع الحافات في هذا الجزء وتميزها بالانحدارات الشديدة .

وتوجد الكويستات في بعض المواضع الأخرى في حوض التصريف وتتركز في عدة مواضع هي :

- الروافد الجنوبية لوادي غليم (أحد روافد وادي الزلقة) .
- المنابع العليا لوادي الصوانة (أحد وروافد وتير الأعلى) .
- الروافد الشمالية لوادي البطم (أحد روافد وتير الأعلى) .

ويتضح مما سبق أن الكويستات توجد بصفة عامة في القسم الغربي للحوض وتكاد تختفي في القسم الشرقي والجنوبي ، وترتبط الكويستات الرئيسية بالهوامش الجنوبية لهضبة العجمة ، وقد تميزت هذه الكويستات بأنماط معينة من التصريف كما سبق وأشرنا إليها عند دراسة أنماط

التصريف ، كذلك كان للعامل الجيولوجي أكبر الأثر في ظهور حافات الكويستات المطلة على الحوض في شكل حافات شديدة الانحدار .

ج- الهوجباك (ظهور الخنازير) :

هي عبارة عن حافات ضيقة تأثرت بفعل البنية ويزيد الانحدار على الوجه لأكثر من ٥٠ درجة بينما يصل الانحدار على ظهر الهوجباك ما بين ٢٠ – ٥٠ درجة ويلاحظ أن الهوجباك تظل لفترة طويلة مميزة لسطح الأرض في المناطق التي توجد بها مقارنة بالكويستات التي تغطيها الرواسب وتتعرض حافاتها للتراجع بصورة أسرع .

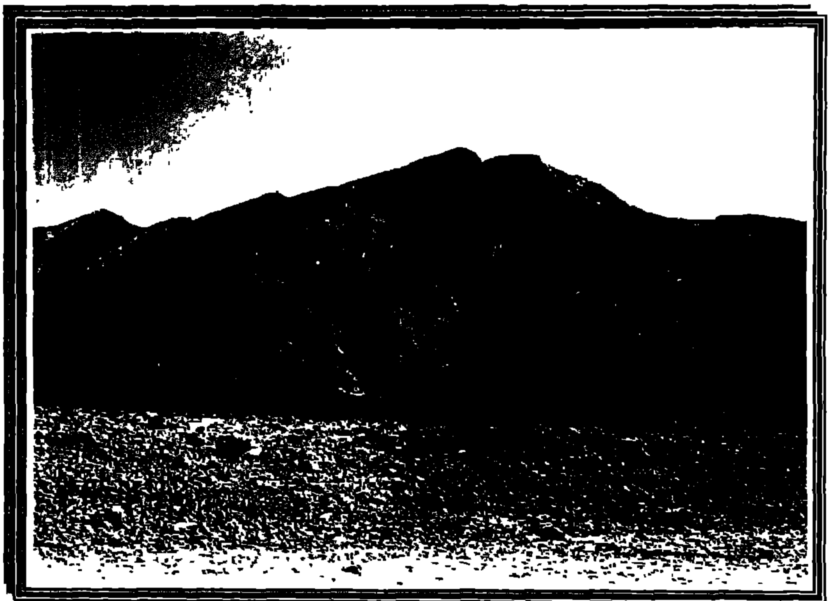
وقد سجل الطالب هذه الظاهرة في القسم الشمالي للحوض وبالتحديد شمال قرية الشيخ عطية (تبعد عن مخرج الحوض بنحو ٤٥ كم) حيث توجد سلسلة متتابعة من ظهور الخنازير على كلا جانبي الوادي الرئيسي ، وربما تكون هذه الظاهرة صدى لبعض عمليات الطي والتصدع التي أصابت المنطقة خاصة وأن هذه المنطقة تشغلها الصخور الجيرية ، ويبدو أن هذه الأشكال قد نشأت كصدى لعمليات التصدع التي شكلت خليج العقبة حيث توجد مجموعة من الصدوع الصغيرة المتوازية والتي تأخذ اتجاها عاما صوب الشمال الغربي والشمال الشرقي ، وتميزت أوجه الحافات بشدة الانحدار حيث جاوزت درجة الانحدار ٥٠ درجة ، (صورة ٦-٧) .

وتمثل قمم هذه الحافات في بعض الأحيان خط تقسيم المياه بين روافد الوادي الرئيسي ، حيث تتسم المسيلات المنحدرة على أوجه الحافات بشدة انحدارها وقصر أطوالها وبالتالي تعمل هذه المسيلات على تراجع الحافات وتكوين بعض المراوح الفيضية الصغيرة ، صورة (٦-٨) ، وقد تتكون بغض النباتات عند مخارج هذه المسيلات كما تسود عمليات التجوية الميكانيكية والكيميائية على كلا جانبي الهوجباك وإن كانت معدلات التجوية الميكانيكية أكبر على الجانب شديد الانحدار نتيجة لإزالة الرواسب باستمرار بفعل الجاذبية ، بينما نجد أن ظهور الهوجباك يكون فعل التجوية الكيميائية فوقها أكبر ، وربما تكونت طبقة رقيقة من المواد المجواه التي تأخذ لونا مختلفا عن لون الصخر الأصلي ، وتعمل المياه – أثناء حدوث السيول – على نحت أسطح هذه الأشكال وتكوين بعض المجاري الصغيرة ، صورة (٦-٩) ، وتعمل هذه الأودية على جرف الرواسب باستمرار **وربما تعمل هذه الأودية على تقليل الانحدار خلال مجاري هذه الأودية ، والملاحظ أن هذه** المسيلات الصغيرة تخترق خطوط بعض الصدوع الصغيرة ، وتشكل الأودية التي تنحدر على وجه الهوجباك نمطا عكسيا Obsequent **حيث أنها تسير عكس الميل العام للطبقات** – صوب الشمال – بينما تتسم الأودية المنحدرة على ظهر الهوجباك بالنمط التابع Consequent إذا أنها تسير مع الميل للطبقات .

صورة (٦-٧)

مجموعة متتابعة من ظهور الخنازير

"ناظراً صوب الشمال الغربي"



صورة (٦-٨)

ظهور مجموعة من الهوجباك ويظهر عليها أثر عمليات التجوية الميكانيكية والكيميائية كما يظهر أثر عمليات النحت المائي

"ناظراً صوب الجنوب الشرقي"

صورة (٦-٩)

بانوراما لأحد ظهور الخنازير وقد بلغت درجة الانحدار على الظهر نحو ٢١° ويلاحظ تقطعها بفعل التعرية المائية " ناظراً صوب الشرق".

وتمثل هذه الظاهرة نمطا متضرسا في منطقة تتسم بصفة عامة بقلة تضرسها ، ونتيجة لكثافة هذه الأشكال في المنطقة المشار إليها فإنها تخلق نمطا يمكن أن نطلق عليه الأراضي الوعرة وهو نطاق محدود المساحة ويتراوح تضرسه المحلي بين ١٠٠ –٣٠٠ متر

وتعمل الرياح أيضا على تشكيل هذه الأشكال خاصة عندما تظهر بعض الطبقات الهشة – ذات سمك قليل لا يتعدى ٥٠سم – فتعمل الرياح على نحت هذه الطبقات بصورة أسرع من الطبقات الجيرية الصلبة التي تعلوها وتعمل على تهدلها وخاصة في الحافات التي تتجه صوب الشمال حيث الرياح السائدة .

ويبدو أن هذه الأشكال قد تعرضت لأكثر من فترة تطورية يمكن حصرها فيما يلي :

١- *مرحلة النشأة* وتزامنت هذه المرحلة مع عمليات التصدع التي أصابت المنطقة خلال الأوليجوسين والميوسين وربما حدث بعد ذلك أو متزامنا معه – بعض الطيات . .

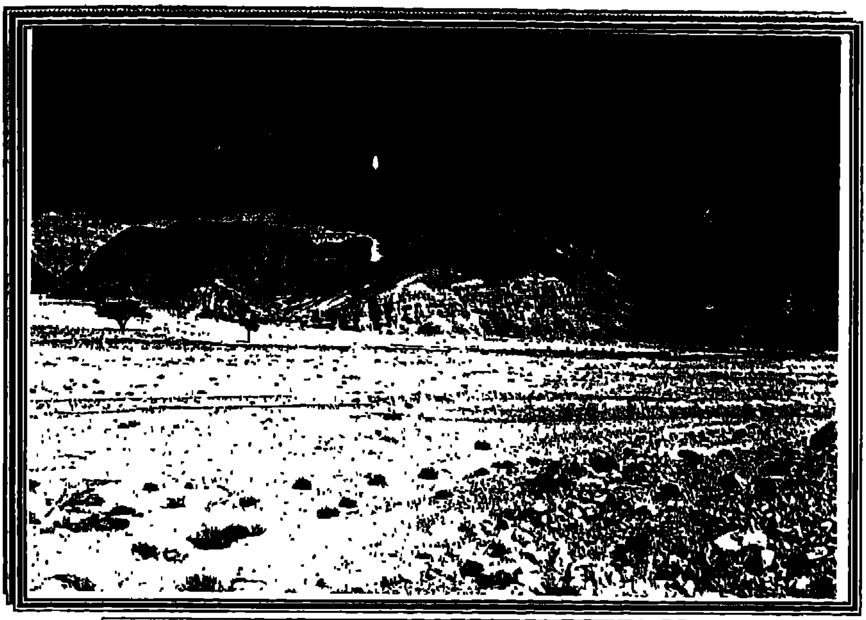
٢- *مرحلة سيادة ظروف رطبة* عملت على تكوين الروافد الجانبية لوادي وتير وإعادة تشكيل أسطح الهوجباك حيث تكونت بعض المجاري الصغيرة كما عملت الأودية الكبيرة على فصل بعض الهوجباك في بعض الأماكن .

٣- *مرحلة سيادة ظروف الجفاف* حيث وصلت هذه الظاهرة إلى شكلها الحالي وأصبحت العمليات المشكلة لها تتمثل في التجوية ونحت الرياح ، وعمليات النحت المائي أثناء سقوط المطر ، ولا تتكون سوى بعض المسيلات الصغيرة والتي تلقى بحمولتها عند أقدام الحافات في صورة مراوح فيضية قليلة الامتداد وإن كانت تتسم بزيادة أحجام رواسبها وقلة تصنيفها .

د- الانحدارات المحدبة والمقعرة :

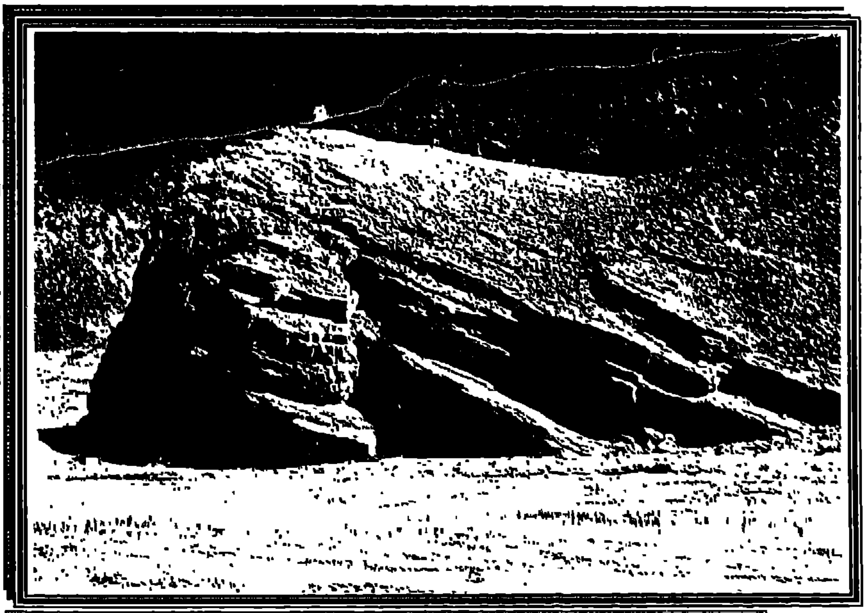
كما سبق وأشرنا عند دراسة الملامح البنيوية لحوض التصريف فإن الالتواءات بصفة عامة غير شائعة في حوض التصريف ولا يعني ذلك انعدام وجود الانحدارات المحدبة والمقعرة ، فهذا النمط من الانحدارات قد يرتبط بعوامل وعمليات أخرى غير الطيات ، فعلى سبيل المثال قد يصاحب عمليات التصدع وجود بعض الانحدارات المستقيمة التي تتطور بفعل المياه الجارية أو بفعل حركة المواد إلى انحدارات محدبة أو مقعرة .

أما بالنسبة للطيات فهى كما قلنا قليلة الوجود في الحوض وقد سجلها الطالب في القسم الشمالي للحوض حيث سجلت إحدى الطيات المقعرة أمام مخرج وادي العراضة ، صورة (٦-١٠) ، وتأخذ الاتجاه شمالي شرقي / جنوبي غربي ، وهى طية متماثلة حيث بلغت درجة الانحدار على كلا جناحي الطية نحو ٩ درجات ، وتتألف صخور الطية بصفة عامة من الصخور الجيرية .



صورة (٦-١٠) إحدى الطيات المقعرة أمام مخرج وادي العراضة

"ناظرا صوب الشمال الشرقي"



صورة (٦-١١) أحد الصدوع الصغيرة في جانب طية مقعرة على الجانب الأيسر لوادي البارية

"ناظرا صوب الجنوب الغربي"

وقد تأثرت هذه الطيات بعمليات التصدع حيث رصد الطالب أحد الصدوع الصغيرة على أحد جناحي الطية ، صورة (٦-١١) .

وقد سجل الطالب إحدى الطيات شمال الطية السابقة بنحو ١٥كم وتتسم هذه الطية بأنها غير متماثلة الجوانب فقد سجل أحد الجوانب انحدارا بلغ ١٤ درجة فى حين بلغ انحدار الجانب الآخر ٨ درجات ، وتتسم هذه الطية بأنها قبابية الشكل وتنتشر فوقها بعض المسيلات الصغيرة ، وربما تنتشر بعض الطيات المحدبة الأخرى والتي أشارت إلى وجودها الخرائط الجيولوجية كما رأينا خلال معالجة الجوانب الجيولوجية في الفصل الأول .

وقد ترتبط الالتواءات المحدبة والمقعرة بوجود بعض الأشكال الأخرى مثل الحافات التي تصاحب هذه الطيات وكذلك الصدوع التي تؤدي إلى وجود حافات شديدة الانحدار حول الطية فتعمل على إعادة تشكيل جوانبها ، كذلك فإن تتابع الطبقات الهشة مع الطبقات اللينة قد يؤدى إلى وجود نمط المصاطب الصخرية الصغيرة.

كما أن وجود هذه الطيات على جوانب الأودية يؤدى إلى نحت الأجزاء السفلى منها وظهورها فى صورة جروف رأسية لا تترك الفرصة لبقاء رواسب ركام الهشيم عند أقدام هذه الجروف ، صورة (٦-١٢).

وهناك بعض الظاهرات الأخرى ذات الأصل البنيوي مثل الكهوف المنتشرة فى الصخور النارية وكذلك السدود الأفقية والراسية Dykes & Sills التى تمثل مظهرا مميزا للصخور فى القسم الجنوبي من الحوض وقد سبق الإشارة إليها عند دراسة الملامح الجيولوجية لحوض التصريف.

ولا نستطيع أن نخفى أن أغلب الأشكال الجيومورفولوجية بحوض التصريف قد تأثرت بشكل أو بآخر بالعامل الجيولوجي كما سيرد عند دراسة بقية الأشكال الرئيسية بالحوض .

صورة (٦-١٢)

بانوراما لإحدى الطيات المحدبة الصغيرة على الجانب الشرقي لوادي وتير
ناظراً صوب الجنوب الشرقي

ثانيا : أشكال التعرية النهرية

أ - المجاري النهرية

تعد شبكة التصريف هي المظهر المميز لمنطقة الدراسة إذ أنها تمثل أكثر الأشكال الجيومورفولوجية انتشارا بالحوض ، (أنظر الخريطة الجيومورفولوجية) ، وقد سبق دراسة شبكة التصريف وخصائصها المورفومترية والعلاقات بين جميع متغيرات الشبكة في الفصل الثالث .

وكما سبق ورأينا فإن المجاري النهرية قد تأثرت في نشأتها وتطورها بعدة عوامل أهمها نوع الصخر وبنيته والتطور الجيولوجي للمنطقة والتغيرات المناخية ، وسوف يتم دراسة بعض الظاهرات المرتبطة بشبكة التصريف مثل القطاعات الطولية وبعض الظاهرات المرتبطة بالقطاعات العرضية مثل الجزر والمدرجات النهرية ، كما سيتم دراسة بعض المظاهر الإرسابية عند مصبات الأدوية ، كما سيقوم الطالب بدراسة مفصلة لدلتا الوادي الرئيسي باعتبارها مظهرا مميزا لحوض التصريف كما أنها تعد ثاني أكبر دالات الأدوية التي تصب على خليج العقبة بعد دلتا وادي كيد .

وعلى الرغم من حالة الجفاف التي تسود حوض التصريف في الوقت الحاضر إلا أن السيول التي تجتاح الحوض من وقت لأخر تعمل على تعديل الأشكال الموجودة بالفعل وتؤدي كذلك إلى نشأة بعض الأشكال الأخرى مثل برك السيول التي تتكون عند مصبات الأودية التي تصب في المجرى الرئيسي ، وسوف يتم دراسة هذه الأشكال أيضا بالإضافة إلى بعض الظاهرات الأخرى صغيرة المقياس .

ب - القطاعات الطولية :

القطاع الطولي Longitudinal Profile عبارة عن قطاع تضاريسي يظهر انحدار المجرى من نقطة المنبع إلى نقطة المصب وتختلف دقة القطاع الطولي تبعا للمصدر الذي يتم منه استقاء البيانات ، وقد قام الطالب بعمل القطاعات الطولية لوادي وتير وروافده الرئيسية من خلال الخرائط الطبوغرافية ١/٥٠,٠٠٠ وبفاصل كنتوري ٢٠ متر ، وقد تم ضم مجرى وادي وتير الأدنى مع مجرى وتير الأعلى وذلك للوصول إلى المنابع العليا للوادي ، وقد شمل القطاع الطولي لكل الروافد جميع الرتب النهرية ابتداءا من الرتبة الأولى وحتى أعلى رتبة في الحوض.

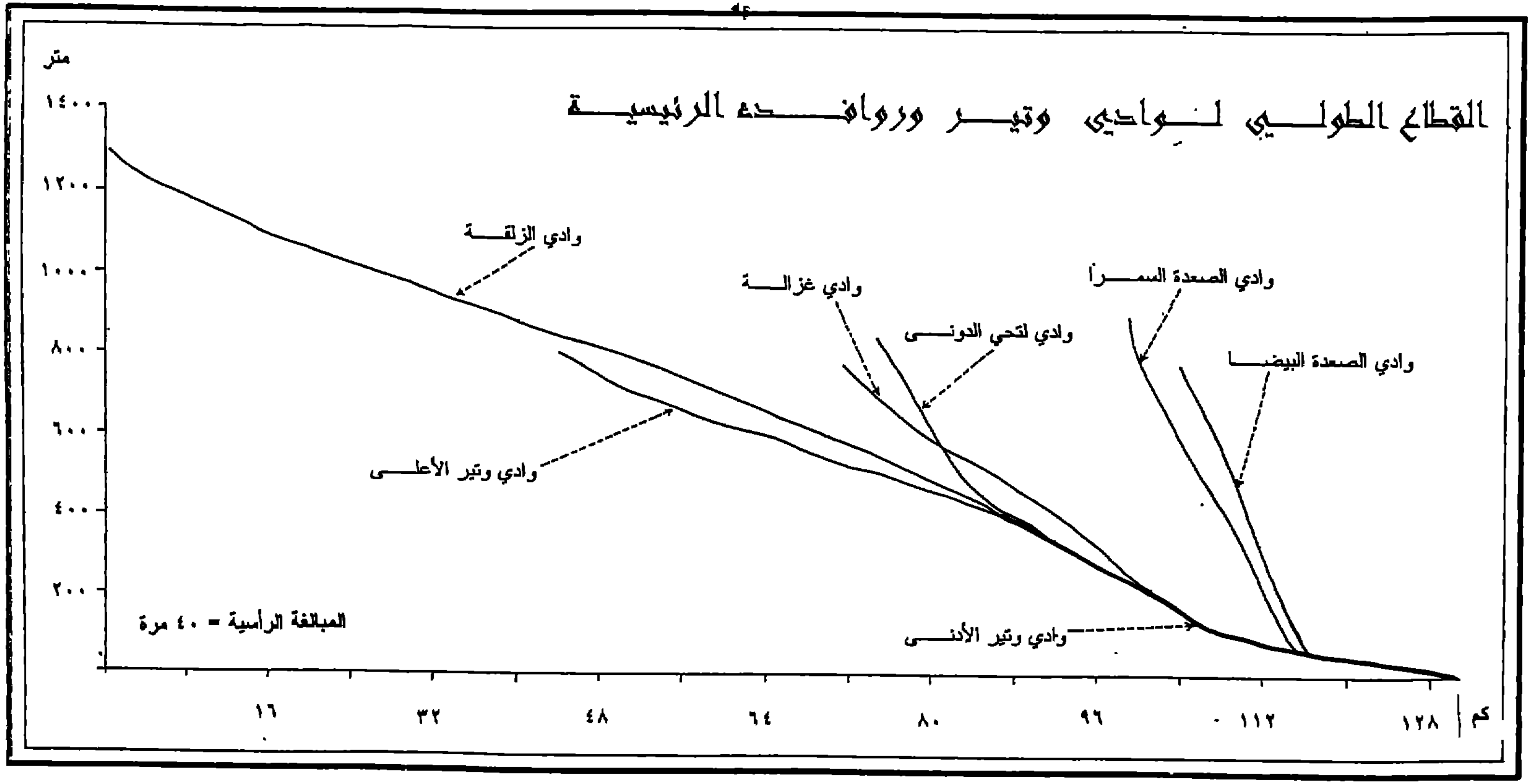
ويتأثر القطاع الطولي بمجموعة من المتغيرات مثل حجم التصرف ودرجة تركيز الحمولة وحجم الحبيبات ومساحة حوض التصريف إلى جانب المدى التضاريسي للحوض وترتبط جميع المتغيرات السابقة مع انحدار القطاع الطولي في صورة عدد من العلاقات الرياضية (Knighton, 1984, Pp.149-151).

١ - القطاع الطولي لوادي وتير

على الرغم من أن ليوبولد وزملائه (Leopold, et-al, 1964, Pp.248-249) قد أشار إلى أن الأنهار تتسم باتساعها كما اتجهنا صوب المصب وذلك نتيجة لزيادة أعداد الروافد وبالتالي زيادة مساحة حوض التصريف وزيادة كمية التصريف، وأن ذلك يصاحبه اتساع عرض المجرى وعمقه وقلة أحجام الرواسب وقلة انحدار القطاع الطولي ، على الرغم مما سبق فإن القطاع الطولي لوادي وتير يختلف عما ذكره ليوبولد وذلك بسبب الظروف الموضعية التي يتصف بها الجزء الأدنى من الوادي ، وقد بلغ طول القطاع الطولي للوادي بدءا من نقطة المصب وحتى المنابع العليا لوادي الشعيرة (متضمنا واديا وتير الأدنى والأعلى) نحو ٨٥,٩ كم منها نحو ٣٩كم لوادي وتير الأدنى ، وبلغت درجة انحدار القطاع الطولي ٧ درجة ، وقد بلغت درجة انحدار القطاع الأعلى للوادي نحو ٦,٣ درجة بينما كان انحدار القطاع الأدنى نحو ٨,٤ درجة ويتضح من خلال شكل (٦-٢) أن القطاع الطولي لوادي وتير لم يصل إلى مرحلة التعادل وربما يرجع ذلك إلى طبيعة التكوينات الجيولوجية التي تسود القطاع الأدنى للوادي وكذلك تأثير عامل البنية في هذا القطاع أيضا مما جعله أكثر انحدارا من القطاع الأعلى بل أن أضيق قطاعات الوادي توجد في القطاع الأدنى وبالقرب من مصب الوادي ، وتكاد تختفي أية مظاهر إرسابية في القطاع الأدنى للوادي مثل المدرجات النهرية والجزر الرسوبية ، والوادي عبارة عن مجرى ضيق تحده حافات شديدة الانحدار، وعلى العكس من ذلك نجد أن القطاع الأعلى يتسم بقلة انحداره وخاصة في القسم الأوسط حيث تصل درجة انحدار القطاع الطولي في بعض القطاعات لأقل من درجة واحدة وخاصة في نطاق الصخور الرملية ، كذلك يتسم الوادي باتساع قطاعاته العرضية وظهور الجزر الرسوبية وظهور المدرجات النهرية ، وينبغي أن نشير إلى أن الوادي في هذا القطاع كان أقل تأثرا بالتطورات البنيوية التي كونت خليج العقبة ويدل على ذلك قلة كثافة الصدوع في هذا القطاع مقارنة بالقطاع الأدنى للوادي ، وعلى الرغم من ذلك فقد وجد الطالب أن جوانب الوادي في بعض أجزاء القطاع الأعلى عبارة عن حوائط رأسية نتيجة لتأثرها ببعض الصدوع

ولم تظهر على القطاع الطولي أية نقاط تجديد تطورية ولكن الطالب رصد بعض نقاط التجديد التركيبية في بعض أودية الروافد .

ولا شك أن أمطار السيول التي تسقط من آن لآخر على الوادي تعمل على تعديل في شكل القطاع الطولي وخاصة في القطاع الأدنى حيث يتلقى كمية كبيرة من المياه والرواسب والتي يظهر تأثيرها في تعديل قاع الوادي نتيجة لضيق الوادي في هذا الجزء ، ويدل على ذلك أن هذه السيول تعمل على تخفيض قاع الوادي ومن ثم تقليل الانحدار في هذا القطاع ، وتقوم السيول باستمرار


القطاع الطولي لوادي وتير وروافده الرئيسية
متر
١٤٠٠
١٢٠٠
١٠٠٠
٨٠٠
٦٠٠
٤٠٠
٢٠٠
وادي الزلقة
وادي غزالة
وادي لتحي الدوني
وادي الصعدة السمرا
وادي الصعدة البيضا
وادي وتير الأعلى
وادي وتير الأدنى
المبالغة الرأسية = ٤٠ مرة
١٦
٣٢
٤٨
٦٤
٨٠
٩٦
١١٢
١٢٨
كم

شكل (٦-٢)

بجرف الطريق الرئيسي الذي يشغل قاع الوادي ، وعلى الرغم من هذا التأثير إلا أنه يتسم بعدم الانتظام نتيجة للعشوائية التي تتصف بها السيول من حيث تكراريتها وكميتها .

٢ - القطاع الطولي لوادي الزلقة

يبلغ طول المجرى نحو ٨٨,٧ كم ابتداء من نقطة التقائه بوادي وتير (المصب) على منسوب نحو ٤٠٠ متر وحتى المنابع العليا للوادي على منسوب أكثر من ١٣٠٠ متر وقد بلغ متوسط انحدار القطاع الطولي نحو ٥,٦ درجة ، ويتسم القطاع الطولي بالانتظام والتعادل النسبي حيث يتسم القطاع الطولي للوادي بالتقعر ، وقد تم حساب معامل التقعر الذي أقترحه لانجبين عام ١٩٦٤ ، (Knighton, 1984, P.148-149) وبلغ معامل التقعر ٠,١٤ .

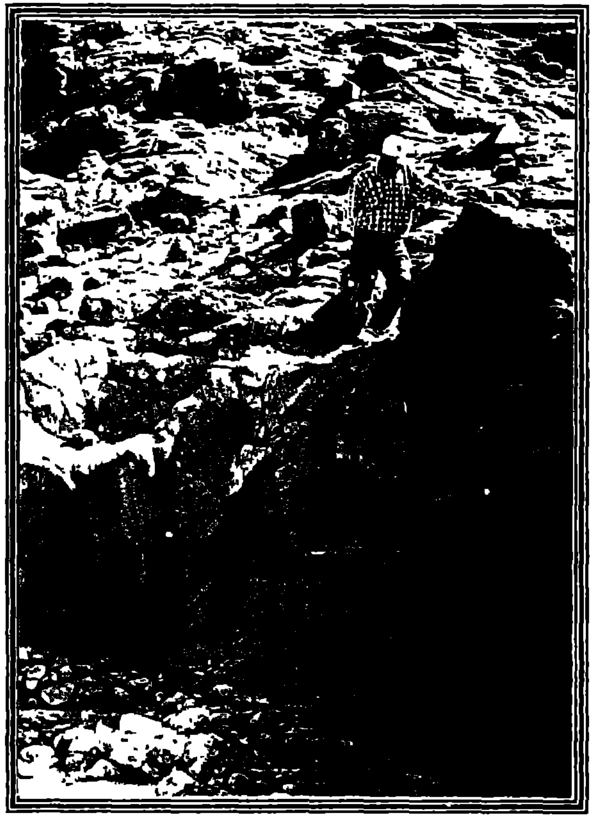
وقد تميز القطاع الطولي الأعلى لوادي الزلقة بشدة الانحدار إذ بلغ متوسط الانحدار نحو ١٢ درجة ، ومن المعروف أن وادي الزلقة يجري في منابعه العليا فوق صخور نارية تأثرت بعمليات التصدع حيث تظهر بعض نقط التجديد التركيبية ، ويتسم القسم الأوسط من القطاع الطولي للوادي بقلة انحداره إذ بلغ متوسط الانحدار ٧,١ درجة ويجري الوادي في هذا القطاع في نطاق الصخور الرملية التي ترجع إلى عصر الجوراسي ، ويتسم قاع الوادي باتساعه في هذا القطاع ووجود بعض الجزر الرسوبية التي ترصع قاع المجرى ، كذلك فإن الوادي في هذا القسم كان أقل تأثرا بعمليات التصدع وأن وجدت بعض الصدوع على الروافد الرئيسية مثل الصدوع التي تتعامد على وادي البيار .

أما في القطاع الأدنى لوادي الزلقة فإن الوادي يخترق تكوينات عربة الرملية وتكوينات الجرانيت ، ويتسم القطاع الطولي في هذا القطاع بزيادة انحداره نتيجة لطبيعة التكوينات الصخرية كما أن هناك بعض الصدوع التي يخترقها المجرى الرئيسي لوادي الزلقة ويدل على ذلك نقط الانعطاف Point of Inflection للوادي والتي تبدو في صورة متعامدة ، وإذا كانت الجزر الرسوبية تميز قاع الوادي في قسمه الأوسط فإن الجزر الصخرية هى السمة المميزة لقاع الوادي في قطاعه الأدنى .

وعلى الرغم من ضيق المجرى في القسم الأدنى لوادي الزلقة إلا أن الطالب سجل عدد من تتابعات المدرجات النهرية على مناسيب ، ٣ ، ٩ ، ١٥ متر وسوف يتم دراستها تفصيلا في الصفحات التالية .

ويظهر أثر الإنكسارات في صورة بعض نقط التجديد التركيبية ، صورة (٦-١٣) ، (٦-١٤) ، وخاصة في الروافد الصغيرة على جانبي وادي الزلقة في قسمة الأدنى ، كما أن اختلاف نوع

صورة (٦-١٣)



إحدى نقط التجديد على أحد روافد وادي الزلقة ناظراً صوب الشرق"

صورة (٦-١٤)

تتابع من نقط التجديد التركيبية على أحد الروافد الجنوبية لوادي الزلقة ويلاحظ تراكم الكتل الصخرية الكبيرة عند أقدام نقط التجديد ناظراً صوب الجنوب الشرقي"

الصخر ودرجة صلابته يساعد على ظهور نقط التجديد وخاصة في المواضع التي توجد بها القواطع الأفقية التي تتآكل بصورة أسرع من الصخور التي تعلوها .

٣ - القطاع الطولي لوادي غزالة

يبلغ طول القطاع الطولي وادي غزالة نحو ٢٨,٨ كم وبلغ متوسط درجة الانحدار ٩,٧ درجة ، وقد تميز القطاع الطولي بعد الانتظام ، شكل (٦-٣) ، ففي حين يتسم القسم الأعلى بالتقعر تميز القسم الأدنى من القطاع الطولي بالتحدب مما يشير إلى أن الوادي مازال في مرحلة مبكرة من مراحل التعرية ويمكن تفسير هذا التباين باختلاف نوع الصخر ، فالقسم الأعلى من الوادي تغطيه تكوينات الحجر الرملي (تكوين عربة) ، كما أن الوادي استطاع أن يأسر بعض الروافد الشرقية لوادي الزلقة ومن ثم تمكن من أن يضبط انحداره في هذا الجزء ويعمل على توسيع قطاعه العرضي ، أما في القطاع الأعلى فإن الوادي يدخل في نطاق الصخور النارية الأكثر صلابة ومقاومة لعمليات النحت ، كذلك فقد تأثر الوادي بعدد من الإنكسارات التي جعلت الوادي يتسم بالاستقامة في بعض قطاعاته ، ومن ثم لم يتمكن الوادي من ضبط انحداره والوصول إلى مرحلة التعادل ، هذا بالإضافة إلى توقف عمليات النحت المائي في الوقت الحاضر باستثناء فترات هطول السيول .

٤ - القطاع الطولي لوادي لتحي الدوني.

يتسم القطاع الطولي لوادي لتحي الدوني بالانتظام حيث يتسم باتخاذه الشكل المقعر في القسم الأدنى وقد بلغ انحدار القسم الأعلى نحو ٧,٩ درجة بينما بلغ انحدار القسم الأدنى ٣,٢ درجة وبلغ متوسط انحدار قطاع الطولي للوادي بأكمله ٥,٥٠ درجة، وقد بلغ طول القطاع الطولي نحو ١٥,١كم ، وقد تأثر القطاع الأعلى للوادي بعدد من الإنكسارات ولكنها إنكسارات محدودة ولا تتعدى أطوالها بضعة مئات من الأمتار ، كذلك ينبغي الإشارة إلى أن قدرة هذا الوادي على النحت التراجعي كانت قدرة محدودة حيث لم تصل منابع الوادي إلى الحدود الرئيسية لخط تقسيم المياه للوادي الرئيسي ، وعلى الرغم من ذلك فإن هذا الوادي يتسم باتساع قطاعه العرضي وخاصة عند **المصب حيث بلغ نحو ٢٠٠ متر كما سجلت على جوانبه بعض المدرجات النهرية .**

٥ - القطاعات الطولية لوادي الصعدة البيضا والصعدة السمرا

بالنسبة لوادي الصعدة السمرا فقد بلغ طول قطاعه الطولي نحو ١٦,١كم وبلغ متوسط انحداره ٦,٥ درجة ويتسم هذا الوادي بشدة انحداره عند منابعه العليا حيث تقطعه بعض

الإنكسارات المتعامدة مع المجرى والتي أدت إلى ظهور بعض المساقط المائية والتي وصل ارتفاع بعضها لنحو ٧ أمتار .

وبالنسبة لوادي الصعدة البيضا فقد بلغ طول قطاعه الطولي نحو ١٢,٤كم ابتداءً من المنابع العليا لرافده وادي درب الهبيش، وبلغت درجة انحدار القطاع الطولي نحو ٦,٤ درجة ويزداد انحدار القطاع الطولي في القطاع الأعلى للوادي نتيجة لتأثير الصدوع ، ويجري الوادي بأكمله فوق الصخور النارية ، وقد أشار ، (الأنصاري ، ٢٠٠٠، ص ٢٣٥) إلى أن القطاع الطولي قد تأثر بذبذبات سطح البحر ونتج عن ذلك تكوين بعض المدرجات النهرية على جوانب الوادي .

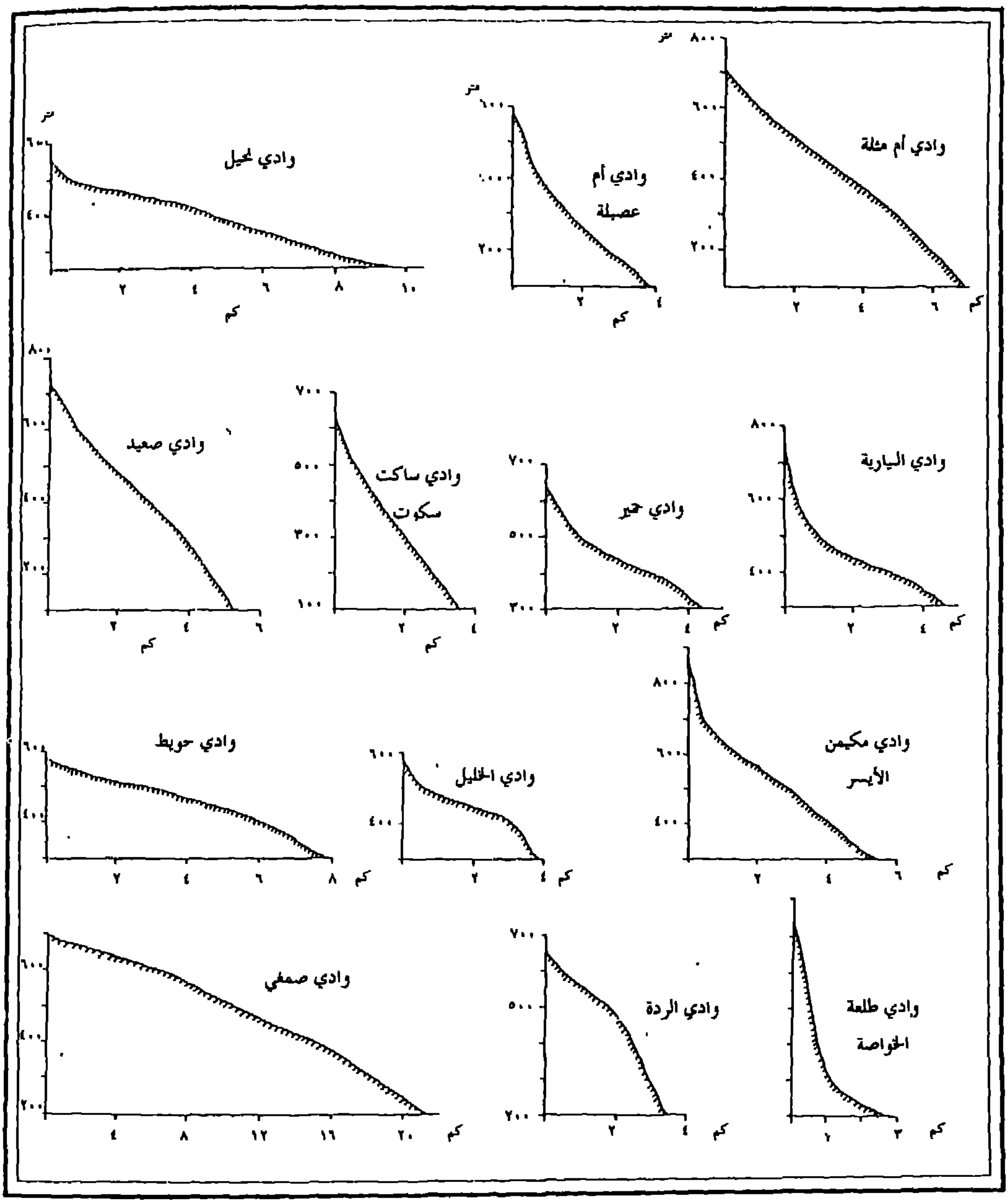
٦ - القطاعات الطولية لباقي روافد وادي وتير

يبلغ باقي الأودية التي ترفد وادي وتير الأدنى نحو ١٣ رافداً ، شكل (٦-٣) ، وتتسم هذه الأودية بقصر قطاعاتها الطولية حيث تتراوح بين ٢,٤ كم لوادي طلعة الخواصة ونحو ٧,٦ كم لوادي حويط باستثناء وادي صمغي الذي يبلغ طول قطاعه الطولي نحو ٢١,٢ كم ، كما تتسم جميع الأودية السابقة بأنها تجري فوق الصخور النارية التي تؤلف القسم الجنوبي لحوض التصريف، كما أن هذه الأودية تتسم بشدة انحدار قطاعاتها الطويلة إذ تتراوح درجة الانحدار بين ٦,٩ - ١٤,٦ درجة ، وتتسم الأودية كبيرة المساحة (وادي نخيل - صمغي) بقلة درجات انحدار قطاعاتها الطولية، أما الأودية صغيرة المساحة فتتسم بشدة انحدار قطاعاتها الطولية مثل أودية الردة ، ساكت سكوت، طلعه الخواصة ، وقد بلغت قيمة الارتباط بين مساحات أحواض التصريف درجة انحدار قطاعاتها الطولية نحو ٠,٧٨ .

كذلك فإن هذه الأودية جميعها قد تأثرت بالظروف البنيوية المميزة لهذا الجزء من الحوض حيث أدت الصدوع إلى شدة انحدار بعض القطاعات مثل الإنكسارات التي أثرت على أودية ساكت سكوت والخليل وطلعة الخواصة ، كما أدت هذه الإنكسارات إلى تكوين بعض نقط التجديد التركيبية.

والملاحظ أن هذه الإنكسارات قد أثرت على جميع قطاعات الأودية سواء قطاعاتها العليا أو الوسطى أو الدنيا ، وبالتالي نجد أن أغلب القطاعات الطولية كانت بعيدة عن التعادل

وقد ساهمت القواطع الرأسية والأفقية في التأثير على أشكال القطاعات الطولية، فالنسبة للقواطع الرأسية عملت على شدة انحدار القطاعات الطولية حيث أنها تتألف من صخور أقل صلابة وبالتالي يسهل نحتها عن الصخور المجاورة لها ، أما القواطع الأفقية فأدت إلى تكوين نقط التجديد التركيبية ومن ثم المساقط المائية وحفر الغطس .



المبالغة الرأسية بلغت ١٠ مرات لكل القطاعات

شكل (٦-٣)

القطاعات الطولية للروافد الثانوية بوادي وتير

وتعد نقط التجديد التركيبية من أهم الظاهرات المرتبطة بالقطاعات الطولية وقد سجل الطالب العديد منها على الروافد الصغيرة لوادي وتير ، صورة (٦-١٥) ، ومعظم هذه النقاط يأخذ الشكل السلمي بمعنى تتابع مجموعة من النقاط ، ويتراوح منسوب هذه النقط بين ٢-٣ متر والمسافة بين كل نقطة والتي تليها لا تزيد عن بضعة أمتار، وبدارسة طبيعة التكوينات الجيولوجية في نطاق هذه الظاهرة تبين وجود مجموعة من القواطع تعرضت للتآكل بصورة أسرع وأدت إلى تكوين هذا التتابع ، وفي بعض الأحيان ظهر أثر الصدوع ، وقد تميزت نقط التجديد الناتجة عن وجود صدوع مستعرضة مع المجرى بأنها أكثر ارتفاعا وانحدرا من تلك التي نشأت نتيجة لاختلاف التكوينات الصخرية، كذلك تتسم الأولى بوجود كتل صخرية متساقطة كبيرة الحجم ويصل أحجامها في الأحيان لعدة أمتار ، صورة (٦-١٦) .

وقد ارتبطت بظاهرة نقط التجديد والمساقط المائية ظاهرة أخرى هي حفر الغطس وهي عبارة عنه حفر عميقة يتراوح اتساعها بين ٠,٥ : ١,٥ متر بينما يتراوح عمقها بين ١-٢ متر وتنشأ نتيجة لسقوط الكتل الصلبة والمياه من المساقط المائية الناتجة عن وجود نقط التجديد التركيبية، صورة (٦-١٧) ، ونتيجة للدوامات الرأسية التي تحدث أثناء هطول الأمطار فإن الرواسب الخشنة والحصى ينقل إلى المناسيب الأدنى ولا يتبقى سوى الرواسب الناعمة التي عادة ما تغطي سطح هذه الحفرة ، صورة (٦-١٨) ، وقد أخذت عينة من رواسب هذه الحفر ووجد أن نسبة المواد الناعمة تتراوح بين ٥٠-٦٠ ٪ بينما تتراوح نسبة المواد الخشنة بين ٤٠-٥٠٪.

ج - أنماط الأودية Valley Patterns

نتيجة للتاريخ الجيولوجي لحوض التصريف وتباين حجم التصرف والحمولة في الماضي (خلال البليستوسين) عما هو كائن الآن ، ونتيجة لعدم وجود سهول فيضية بالصورة المألوفة، ونتيجة لأن الجريان السطحي يكاد ينعدم في الوقت الحاضر فإنه يمكن استخدام مصطلح أنماط الأودية بديلا لمصطلح أنماط المجاري Channel Pattern .

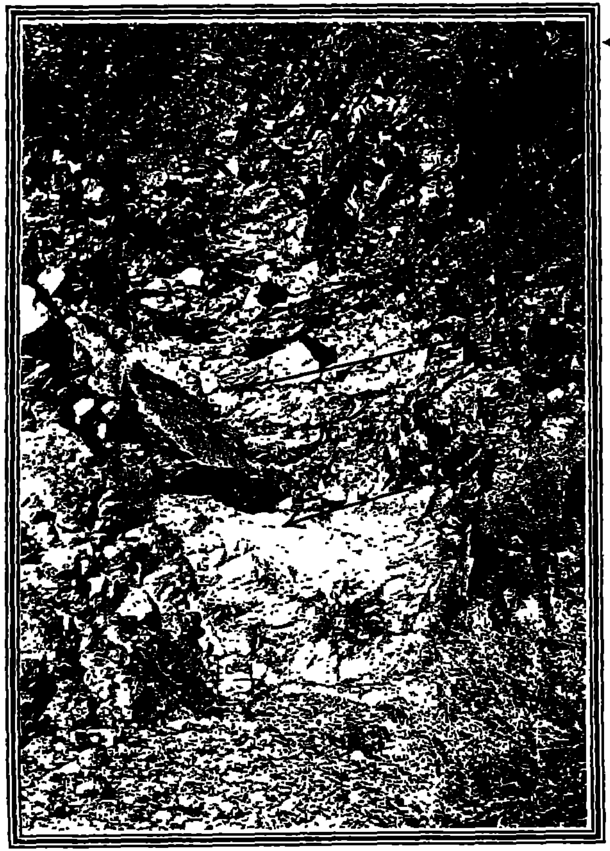
وقد ذكر هذا المصطلح كثير من علماء التعرية النهرية ومنهم ليوبولد وزملائه (Leopold, et-al,pp.,308-319) الذي ذكر أن الأودية تنعطف كما ينعطف المجرى فوق سهله الفيضي وأن هذه المنعطفات تتسم بشيوعها ولها نفس العلاقات الهندسية التي تربط بين متغيرات منعطفات المجرى بل أنه ربط بين عرض الوادي Valley Width وطول المنعطف وتوصل إلى أن طول المنعطف يتراوح بين ١٥-٢٠ مرة قدر عرض الوادي ، وقد أطلق Inglis على هذه الأودية التي تنعطف اسم Incised River ، أما ديوري (Dury (in Dury) 1970,p.266-270) فقد قام بدراسة منعطفات الأودية لنهر Ltchen في جنوب إنجلترا ووجد عدم تماثل القطاعات

صورة (٦-١٥)

نقط التجديد التركيبية السلمية على أحد روافد وادي ساكت سكوت

ناظراً صوب الشمال الشرق"

صورة (٦-١٦)



تتابع من نقط التجديد التركيبية التي نشأت بفعل الانكسارات وتبدو إحدى الكتل الساقطة كبيرة الحجم.

ناظراً صوب الشمال الغربي"

صورة (٦-١٧)

مجموعة متتابعة من حفر الغطس على أحد روافد وادي صمعي

ناظراً صوب الشمال الغربي"

صورة (٦-١٨)

تراكم الرواسب الناعمة في إحدى حفر الغطس

ناظراً صوب الجنوب الشرقي"

العرضية بمعنى أن الجانب المقعر اكثر انحدارا من الجانب المحدب وهو ما يناظر الوضع الكـــائن فى جوانب منطقات المجرى ، كذلك فقد سجل ديوري بعض الحفر والحواجز Pool & Riffle في منعطفات وادي أوسيدج Osage، ومن المعروف أن هذه الظاهرة أيضا توجد في المجـــاري التـــي تجري فوق السهل الفيضي .

وقد ذكر ديوري إلى أن منعطفات الأودية كونتها أودية كبيرة خلال البليستوسين وكانت هـذه الأودية تجلب كميات كبيرة من المياه والرواسب وبالتالي فإن هذه المنعطفات ترجع إلـــى اختـــلاف نظام النهر River Regime ولكن يمكن أن يوجه نقدين لما ذكره ديوري وهما :-

١-يصعب رسم صورة واضحة وكاملة للأمطار والجريان السطحي خـــلال البليستوســـين وبذلـــك يصعب تقدير معدلات النحت والإرساب التي كونت هذه المنعطفات .

٢-لا يمكن إنكار أثر العوامل البيولوجية والبنيوية في اتخاذ الوادي نمطا بعينه ، وهذا مـــا أكـــده كارلستون من أن العلاقات الهندسية بين أبعاد المنعطفات قد تختلف عن منعطفـــات المجـــاري النهرية نتيجة لتأثر أبعاد المنعطفات بنوع الصخر وبنيته ، كما ينبغي الإشارة إلـــى أن الأنـــهار التي تجري فوق صخور صلبة تكون لها قدرة محدودة على النحت ومن ثم تتســـم منعطفاتـــها بزيادة أطوالها .

<u>وسوف تتم دراسة أنماط الأودية في وادي وتير في ضوء ما يلي:</u>

١-اختلاف ظروف الجريان في الماضي عما هو موجود في الوقت الحاضر.

٢-تأثير عامل البنية ونوع الصخر على أنماط الأودية في صـــورة أنمـــاط مســـتقيمة ومتعرجـــة ومتشعبة .

٣-ربما تكون أنماط الأودية الحالية قد انطبعت فوق الصخور الصلبة بمعنى أن هذه الأنمـــاط قـــد تكونت فوق غطاء رسوبي ثم قامت الأودية بتعميق مجاريها فوق الصخور الأكثر صلابة، وقـــد يكون هذا الرأي صحيحا في بعض الأحيان ، فقد سجل الطالب بعض الأودية المحفـــورة فـــي الصخور النارية ووجد أن قمم جوانبها تتألف من طبقة من صخـــور الحجـــر الرملـــي الأقـــل صلابة.

٤-أن العلاقات الهندسية التي تربط بين أبعاد المتعطفات تناظر العلاقات بين أبعاد المنعطفات التـــي تنشأ فوق السهول الفيضية .

٥-أن دراسة أنماط الأودية تقدم صورة عن تأثير العوامل الجيولوجية والمناخيـــة والهيدرولوجيـــة على الأودية.

وقد قام الطالب بدراسة أنماط الأودية من خلال الخرائط المصححة (الموزايك) المرئيات الفضائية والخرائط الطبوغرافية وقد تم التعرف على الأنماط التالية:

١- النمط المستقيم **Straight Pattern**

يقصد بنمط الوادي المستقيم ذلك الوادي الذي يجري في اتجاه واحد لمسافة تعادل ١٠ مرات قدر عرضه ، ويصعب وجود وادي بأكمله يأخذ النمط المستقيم ، ولكن قد يوجد في بعض مقاطع الوادي ، وعادة ما تجنح الأودية إلى الانعطاف والتشعب ، ولا يأخذ الوادي النمط المستقيم إلا نتيجة لظروف موضعية ، كأن يتأثر الوادي في بعض قطاعاته بالصدوع .

وقد قنن مويلر Mueller طريقة بسيطة للحصول على النمط المستقيم وهي كما يلي:

$$VI = VL / Air$$

VI تمثل مؤشر الوادي Valley index

VL تمثل طول الوادي (طول الخط التي يتوسط الوادي)

Air المسافة المستقيمة بين مصب الوادي ومنبعه.

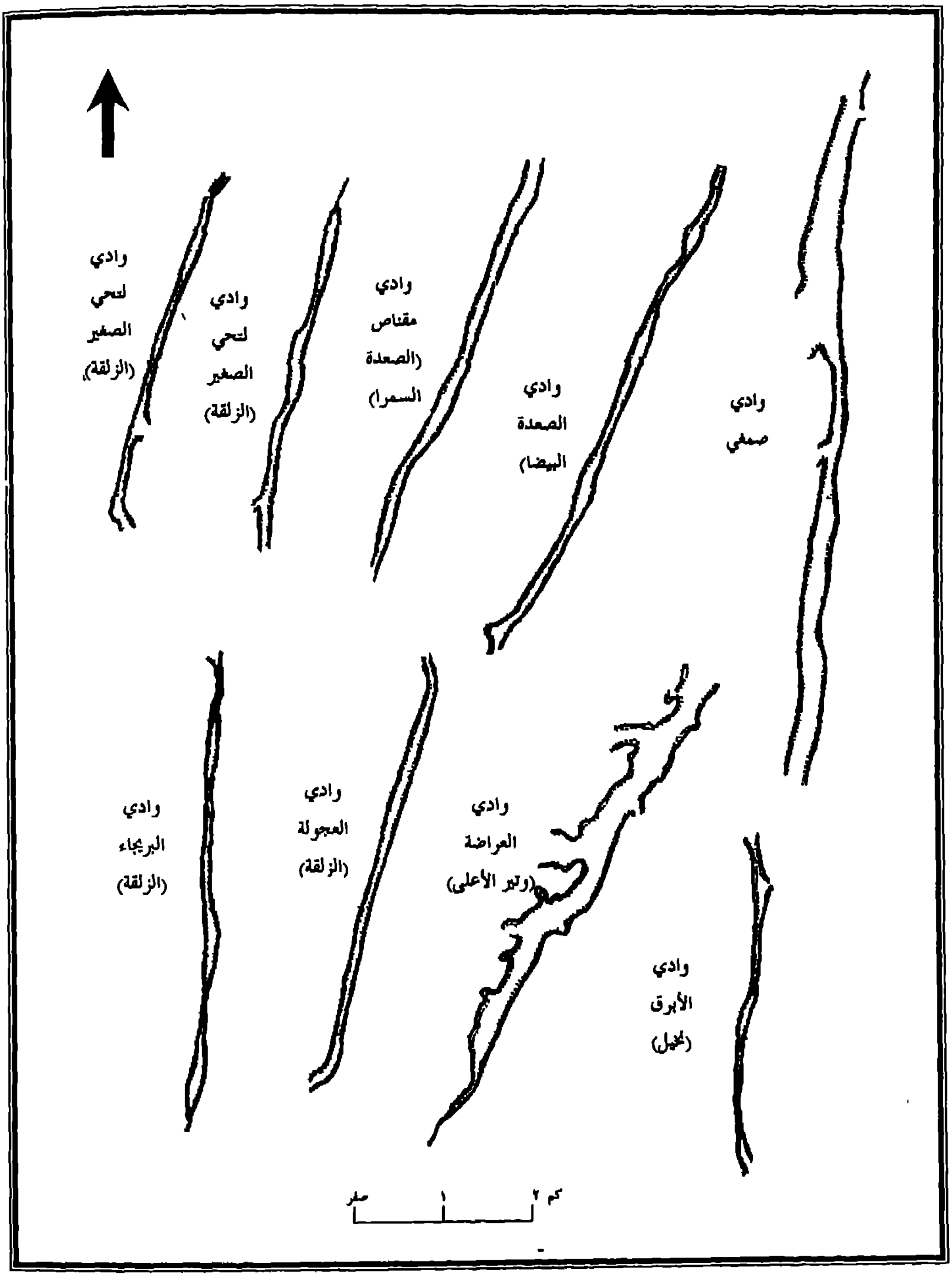
(Gregory&Walling, 1973,p.50)

فإذا كان الناتج يساوي الواحد الصحيح كان الوادي مستقيما وكما أشرنا من قبل فإن هذه القيمة لا تتحقق على طول الأودية من المنبع إلى المصب ولهذا فقد اعتمد الطالب على ما قرره ديوري من أن النمط المستقيم يكون فيه الطول معادلا لعرض الوادي عشر مرات ، وبناءا على ذلك فقد سجلت بعض الأنماط المستقيمة على طول وادي وتير وروافده وتظهر في شكل (٦-٤) .

ويتضح من خلال جدول (٦-١) وشكل (٦-٥) ما يلي :

١-يلاحظ أن الأودية المستقيمة تتركز في القسم الجنوبي من الحوض وإذا تخيلنا خطا وهميا ينصف حوض التصريف إلى قسم شمالي وقسم جنوبي فإننا سنجد أن النصف الجنوبي يضم أغلب الأودية المستقيمة أما القسم الشمالي فإن الأودية المستقيمة تتمثل في مجاري الرتبة الأولى التي تتسم بقصر أطوالها، ويرجع تركز الأودية المستقيمة في القسم الجنوبي للحوض إلى تأثر هذا القسم بالظروف الليثولوجية والبنيوية حيث تنتشر الصدوع والتي تأخذ اتجاها شماليا بصفة عامة ، **وقد لوحظ أن أغلب الأودية المستقيمة تأخذ الاتجاه الشمالي بصفة عامة.**

٢-وصل متوسط أطوال الأودية المستقيمة نحو ٥,١ كم في حين بلغ متوسط عرضها نحو ١٦٠ مترا ، في حين بلغت العلاقة بين أطوال الأودية ومتوسط عرضها نحو ٠,٨٤ ، وإذا كان الارتباط قويا بين المتغيرين فإن هذا لا يعني وجود علاقة سببيه بين أطوال الأودية ومتوسط



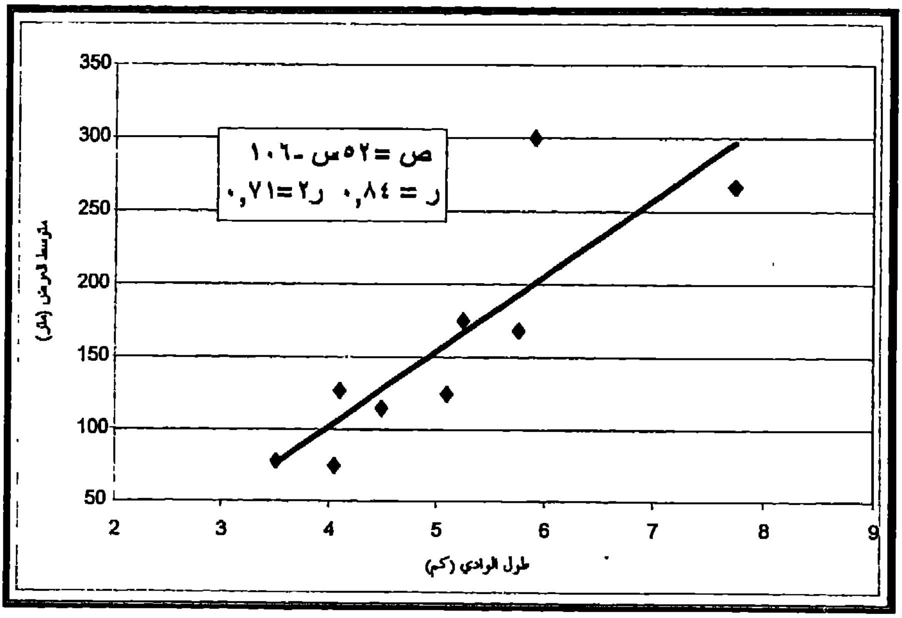
شكل (٦-٤)

أنماط مختارة من الأودية المستقيمة

جدول (٦-١) الأبعاد المورفومترية لأنماط مختارة من الأودية المستقيمة*

الوادي	طول الوادي (كم)	طول المجرى (كم)	متوسط عرض المجرى (متر)	طول الوادي + متوسط عرض المجرى	معدل التعرج	ملاحظات
العجولة	٤,٥	٤,٦	١١٥	٤٠	١,٠٢	أحد روافد وادي الزلقة
لتحي الصغير (١)	٤,٠٥	٤,١	٧٥	٥٤,٦٧	١,٠١	أحد روافد وادي الزلقة
العراضة	٥,٩	٥,٩٢	٣٠٠	١٩,٧٣	١	أحد روافد وتير الأعلى
الأبرق	٣,٥١	٣,٥٥	٧٨	٤٥,٥١	١,٠١	أحد روافد وادي نخيل
صمغي	٧,٧٥	٧,٨٧	٢٦٧	٢٩,٤٨	١,٠١	أحد روافد وادي وتير الأدنى
البريجاء	٥,١	٥,٢٥	١٢٥	٤٢	١,٠٢	أحد روافد وادي الزلقة
لتحي الصغير (٢)	٤,١	٤,١٧	١٢٧	٣٢,٨٣	١,٠١	أحد روافد وادي غزالة
مقناص	٥,٢٥	٥,٢٩	١٧٥	٣٠,٢٣	١	أحد روافد وادي الصعدة السمرا
الصعدة البيضا	٥,٧٥	٥,٨١	١٦٨	٣٤,٥٨	١,٠١	أحد روافد وادي وتير الأدنى
المتوسط	٥,١	٥,١٧	١٥٨	٣٦,٥٦	١,٠١	تتركز أنماط الأودية المستقيمة في القسم الجنوبي من الحوض
الانحراف المعياري	١,٢٨	١,٢٩	٧٨,٧٥	١٠,٢٥	٠,٠١	
معامل الاختلاف	٢٥,٠٨	٢٥	٤٩,٥٩	٢٨,٠٤	٠,٧	

*(المصدر) تم حسابه من الخرائط الطوغرافية ١/٥٠,٠٠٠، ١٩٨٩



شكل (٦-٥) العلاقة بين أطوال الأودية المستقيمة ومتوسط عرض الوادي

عرضها ، ولكن ذلك يعني ببساطه أن الأودية المستقيمة التي تتسم بزيادة أطوالها تتصف باتساع عرضها مقارنة مع الأودية المستقيمة قليلة الطول التي تتسم بقلة متوسط عرضها.

٣-يبلغ متوسط طول الأودية نحو ٣٦ مرة قدر عرضها ، وقد أشرنا من قبل إلى أن الوادي يعتبر مستقيما إذا زاد طوله على متوسط عرضه بمقدار ١٠ مرات ، وقد ارتفعت هذه النسبة لتصل إلى ٥٤ في وادي لتحي الصغير ووصلت إلى نحو ١٩ في وادي العراضة أحد روافد وادي قديرة الذي يصب بدوره في وادي وتير الأعلى .

٤-لاحظ الطالب أن أغلب الأودية المستقيمة تجري فوق التكوينات النارية الصلبة باستثناء وادي العراضة الذي يجري في صخور الجحر الجيري ، ويجري هذا الوادي فوق أحد الصدوع الذي يأخذ الاتجاه الشمالي الشرقي ، وكان لجريان الوادي فوق الصخور الجيرية أثره في أن تمكن توسيع مجراه ليصل إلى أكثر من ٣٠٠ متر.

٥-كان لطبيعة الجريان السيلي الحالي في حوض التصريف الأثر الكبير في بطء تعديل أنماط الأودية المستقيمة التي مازالت موجودة حتى الآن في الحوض والتي تمثل مقاطع محددة من الأودية كان تأثرها بالظروف البنيوية هو العامل المحدد لأنماطها .

٢ - النمط المتعرج Sinuous Pattern

يطلق على المجرى أو على الوادي بأنه متعرج إذا تراوح مؤشر التعرج Sinuosity Index بين ١,٠٥، ١,٥ (Morisawa, 1985,p.99-100)

وقد لوحظ انتشار هذا النمط في أغلب أودية حوض التصريف، ويمكننا القول بأن جميع روافد حوض التصريف تنتمي إلى نمط التصريف المتعرج باستثناء الوادي الرئيسي الذي بلغ معدل تعرجه نحو ١,٥٦ ، وبالإضافة لبعض المقاطع التي تتسم بالنمط المنعطف Meandering التي سيتم دراسته لاحقا ، ويتضح من خلال جدول (٦-٢) والذي يوضح الأبعاد المورفومترية لأودية النمط المتعرج ما يلي :

١-بلغ متوسط أطوال الأودية ذات النمط المتعرج نحو ١٧كم وكان أكبر الأودية المتعرجة واديا الزلقة ووتير لأعلى الرافدان الرئيسيان للوادي ، حيث بلغ طولهما في خط مستقيم ٦٧,١٩ ، ٤٥,٤ كم على التوالي ، بينما كان طولهما الفعلي ٨٥,٧ ، ٥٧ كم على الترتيب.

٢-بلغ متوسط أطوال الأودية في خط مستقيم نحو ٢١ كم وبلغ متوسط مؤشر التعرج نحو ١,٢١، ويمكن القول بصفة عامة أن الأودية التي تجري فوق الصخور النارية تتسم بقلة تعرجها حيث بلغ مؤشر تعرجها نحو ١,٢ في حين بلغ متوسط التعرج للأودية التي تجري فوق الصخور الرسوبية نحو ١,٢٦ ويمكن تفسير ذلك في ضوء معرفة نوع الصخر والظروف البنيوية

فالأودية التي تجري في الصخور النارية يقل بها معدل التعرج نتيجة لصلابة هـذه الصخـور ، كما أن جريان أغلب هذه الأودية فوق خطوط الإنكسارات في أغلـب مقاطعـها جعلـها تتسـم بالاستقامة في هذه الأجزاء وخاصة في الرتب الأقل ، بينما نجد على الجانب الأخر أن الأوديـة التي تجري فوق الصخور الرسوبية الأقل صلابة تتسم بزيادة تعرجها نتيجـة لطبيعـة الصخـر وكذلك لقلة تأثرها بالعامل البنيوي .

جدول (٦-٢) **الخصائص المورفومترية لأنماط الأودية المتعرجة***

الوادي	طول الوادي [illegible] (كم)	الطول الفعلي [illegible] للوادي (كم)	متوسط العرض (متر)	[illegible] التعرج	ملاحظات
وتير الأعلى	٤٥,٤١	٥٧,٠٦	٧٧٠	١,٢٥	يجري فوق الصخور الرسوبية.
الرلقة	٦٧,١٩	٨٥,٧	٨٤٠	١,٢٧	يجري فوق الصخور الرسوبية**
عرالة	٢٢,١	٣٠,٧	٢٧٠	١,٣٩	يجري فوق الصخور النارية
صمعي	٢١,٨	٢٣,٦	٣٥٠	١,٠٨	يجري فوق الصخور النارية
خيل	١٥,٩	١٧,٤	٢٠٠	١,٠٩	يجري فوق الصخور النارية
أم عصلة	٤,٩	٥,٦	٥٠	١,١٤	يجري فوق الصخور النارية
أم مثلة	٨,٩	١٤,٢	١٢٥	١,٤٣	يجري فوق الصخور النارية
ساكت سكو	٦,٢	٧,٢	١٢٥	١,١٦	يجري فوق الصخور النارية
صعيد	٦,٩	٧,٧١	١٠٠	١,١١	يجري فوق الصخور النارية
خيل	١٥,٩	١٧,٤	٢٠٠	١,٠٩	يجري فوق الصخور النارية
حمير	٦,٥	٨,٢	١٥٠	١,٢٦	يجري فوق الصخور النارية
حويط	١١,١	١٦,١	١٠٠	١,٤٥	يجري فوق الصخور النارية
البيارية	١١,٢	١٣,٦	١٠٠	١,٢١	يجري فوق الصخور النارية
الخليل	٧,٤	٨,٢	١٦٠	١,١١	يجري فوق الصخور النارية
لتحي الدوني	١٧	١٨,٢	٣٠٠	١,٠٧	يجري فوق الصخور النارية
مكيمن لأيسر	٨,٢	١١,٢	١٢٥	١,٣٦	يجري فوق الصخور النارية
الصعدة السفلى	١١,٩	١٤,١	١٧٥	١,١٨	يجري فوق الصخور النارية
المتوسط	١٦,٩٧	٢٠,٩٥	٢٤٣	١,٢١	** أغلب الوادي يجـري فوق الصخور الرسـوبية باستثناء القطـاع الأدنى الذي يجري في الصخـور النارية
الانحراف المعياري	١٦,١٥٦	٢٠,٦٤	٢٥٥,٥	٠,١٢٧	
معامل الاختلاف	٩٥,٢٧	٩٨,٥٥	٩٢,٦	١٠,٣٥	

*المصدر ١- الخرائط الطبوغرافية ١/٥٠,٠٠٠ ، ١٩٨٧ ٢ - مرئية فضائية من نوع Landsat TM ، ١٩٨٤ .

ولكن على الرغم من الإطار العام السابق الذي يشير إلى زيادة تعرج أودية الصخور الرسوبية مقارنة بنظيرتها الصخور النارية إلا أن هناك بعض أودية الصخور النارية التي يزيد مؤشر تعرجها عن متوسط تعرج أودية الصخور الرسوبية ونذكر منها وادي غزاله ١,٣٩، ووادي أم مثله ١,٤٣، ووادي حويط ١,٤٥، ووادي مكيمن الأيسر ١,٣٦، والنظرة السريعة للأرقام السابقة تظهر أن بعض هذه الأودية يقترب من النمط المنعطف مثل وادي أم مثله وحويط ، ويبدو أن هذه الأودية قد تأثرت بالإنكسارات المتقاطعة ، شكل (٦-٦) ، وفي بعض الحالات تصل درجة الانحناء لنحو ٩٠ درجة، كما يتضح في وادي حويط ، ولا يمكن القول بأن الجريان قد أدى لتكوين هذه الثنيات الحادة ، صورة (٦-١٩) ، (٦-٢٠) ، (٦-٢١) .

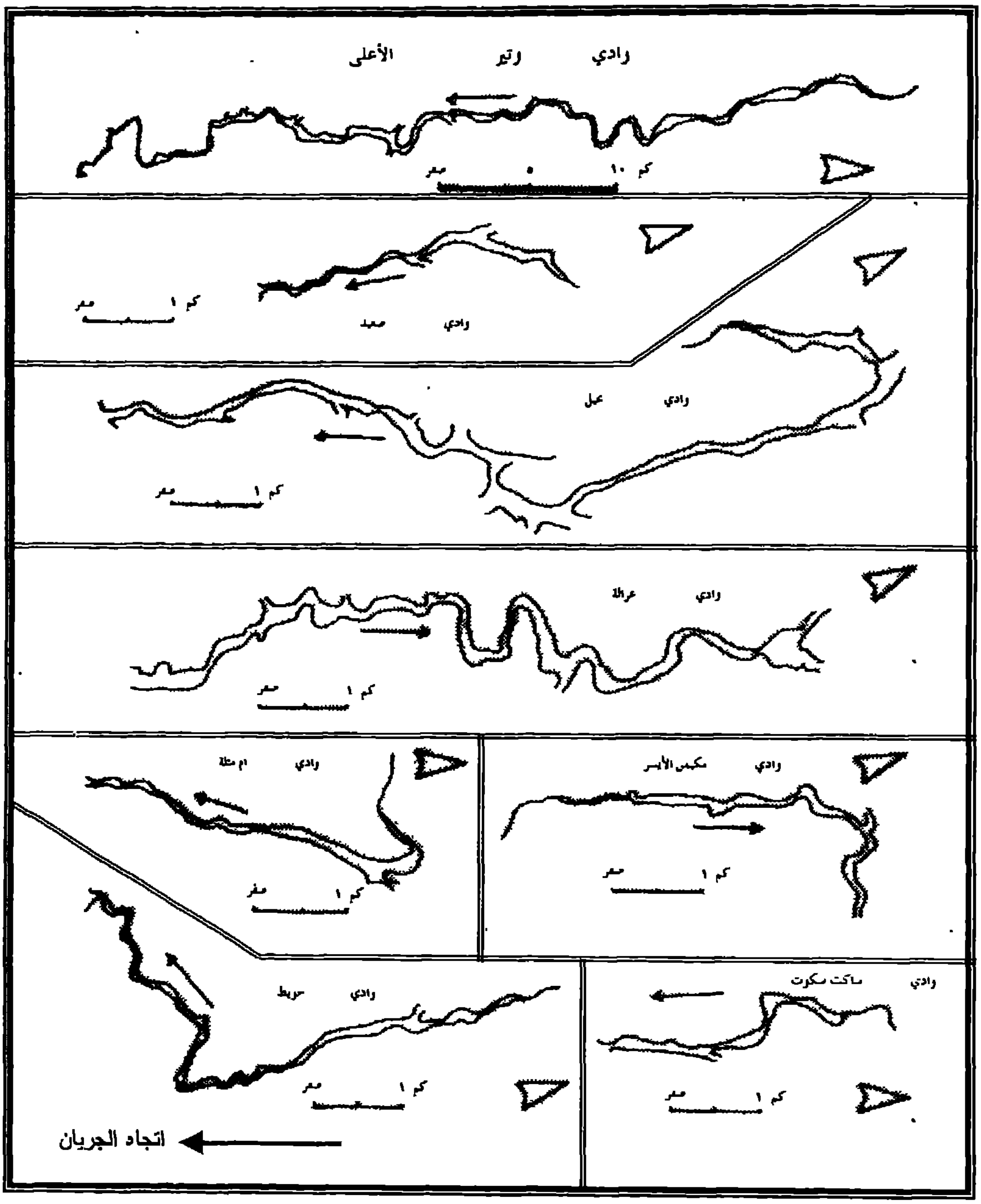
٣- اتضح من خلال دراسة معاملات الارتباط عدم وجود علاقة بين مؤشر التعرج وكل من الرتبة وكثافة التصريف والمساحة ودرجة الانحدار للأودية المتعرجة في نطاق الصخور النارية، حيث بلغت معاملات الارتباط على التوالي -٠,٢١ ، ٠,١١ ، ٠,١١ ، ٠,١١ ، وتشير هذه الأرقام إلى عدم وجود علاقة بين تعرج الأودية وأبعادها وهذا يؤيد ما أشرنا إليه من شدة تأثير العوامل الليثولوجية والبنيوية على انتشار هذا النمط في هذه الأودية ، ولكن دراسة هذه العلاقات للأودية التي تجري فوق الصخور الرسوبية أظهرت وجود علاقات قوية بين هذه المتغيرات ، فعلى سبيل المثال بلغت درجة الارتباط بين مؤشر التعرج ومساحة أحوال التصريف ٠,٧٤، وبلغ الارتباط بين مؤشر التعرج ودرجة الانحدار ٠,٨٢.

٤- تتسم الأودية المتعرجة ببعض الخصائص التي تميزها عن أنماط الأودية المستقيمة وأهمها.

أ- تتسم الأودية المتعرجة بزيادة اتساعها مقارنة بالأودية المستقيمة وخاصة في نطاق الثنيات فبينما بلغ متوسط عرض الأودية المستقيمة نحو ١٥٠متر، بلغ متوسط عرض الأودية المتعرجة نحو ٢٥٠ متراً.

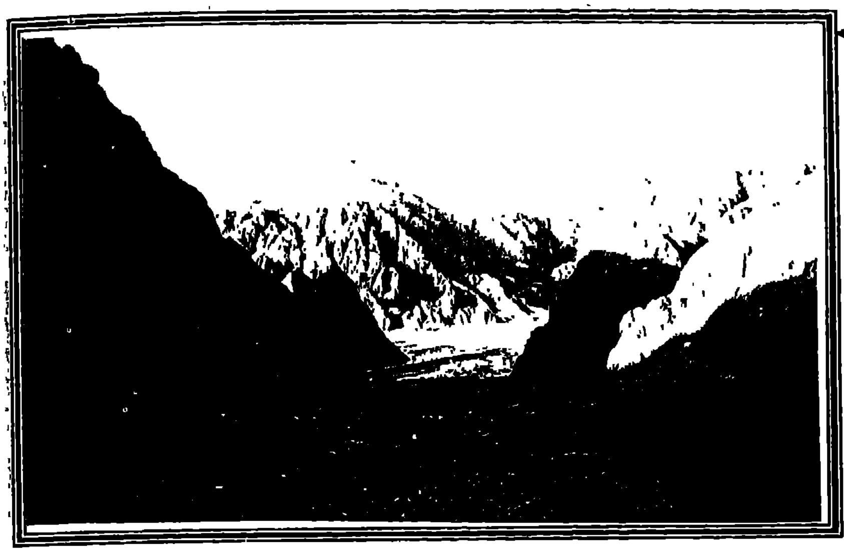
ب- تتسم الأودية المتعرجة بزيادة النحت في الجوانب المقعرة والترسيب على الجوانب المحدبة ولكن معدلات النحت تتسم بالبطء نظراً لصلابة الصخور النارية ، كذلك فإن الرواسب التي تتراكم على الجوانب المحدبة تتسم بكبر أحجامها وقلة استدارتها، أما في الأودية المتعرجة في نطاق الصخور الرسوبية فإن معدلات النحت والإرساب تتم بصورة أسرع كما أن الرواسب تتسم بقلة أحجامها.

ج- تتسم الأودية المتعرجة التي تجري في الصخور الرسوبية بوجود مجاري صغيرة كونتها السيول ويتراوح عمق هذه المجاري بين ٠,٥-١,٥ متر وتعمل هذه المجاري على تشعب



شكل (٦-٦) أنماط مختارة من الأودية المتعرجة

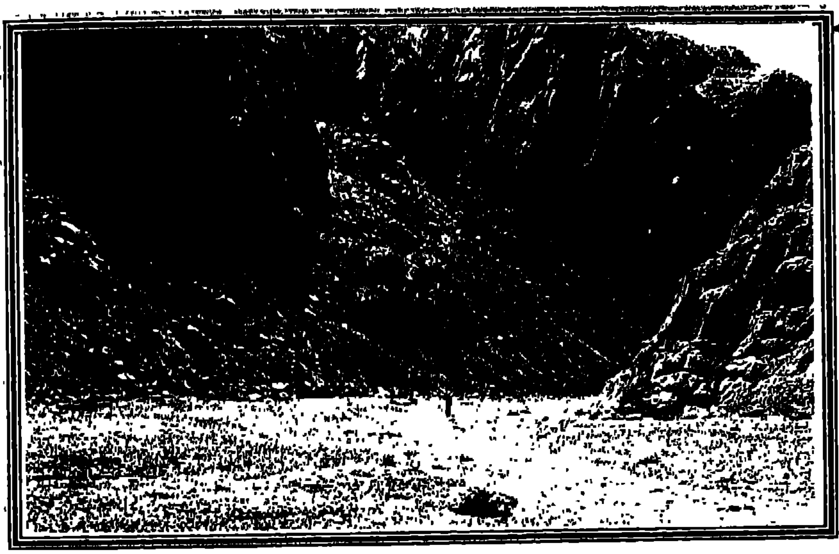
صورة (٦-١٩)



أنماط الأودية المتعرجة بوادي ساكت سكوت

ناظراً صوب الجنوب الغربي"

صورة (٦-٢٠)



الثنيات النهرية في وادي ساكت سكوت

ناظراً صوب الجنوب الغربي"

صورة (٦-٢١)

نمط الأودية المتعرجة بوادي لخيل وقد أحاطت به الأسوار الشائكة نظراً لوجود الألغام

ناظراً صوب الجنوب"

الجريان وبالتالي يتفوق النحت على الإرساب في كل مجرى من هذه المجاري على حدة وبالتالي تقل معدلات الإرساب بصفة عامة داخل قاع الوادي ككل .

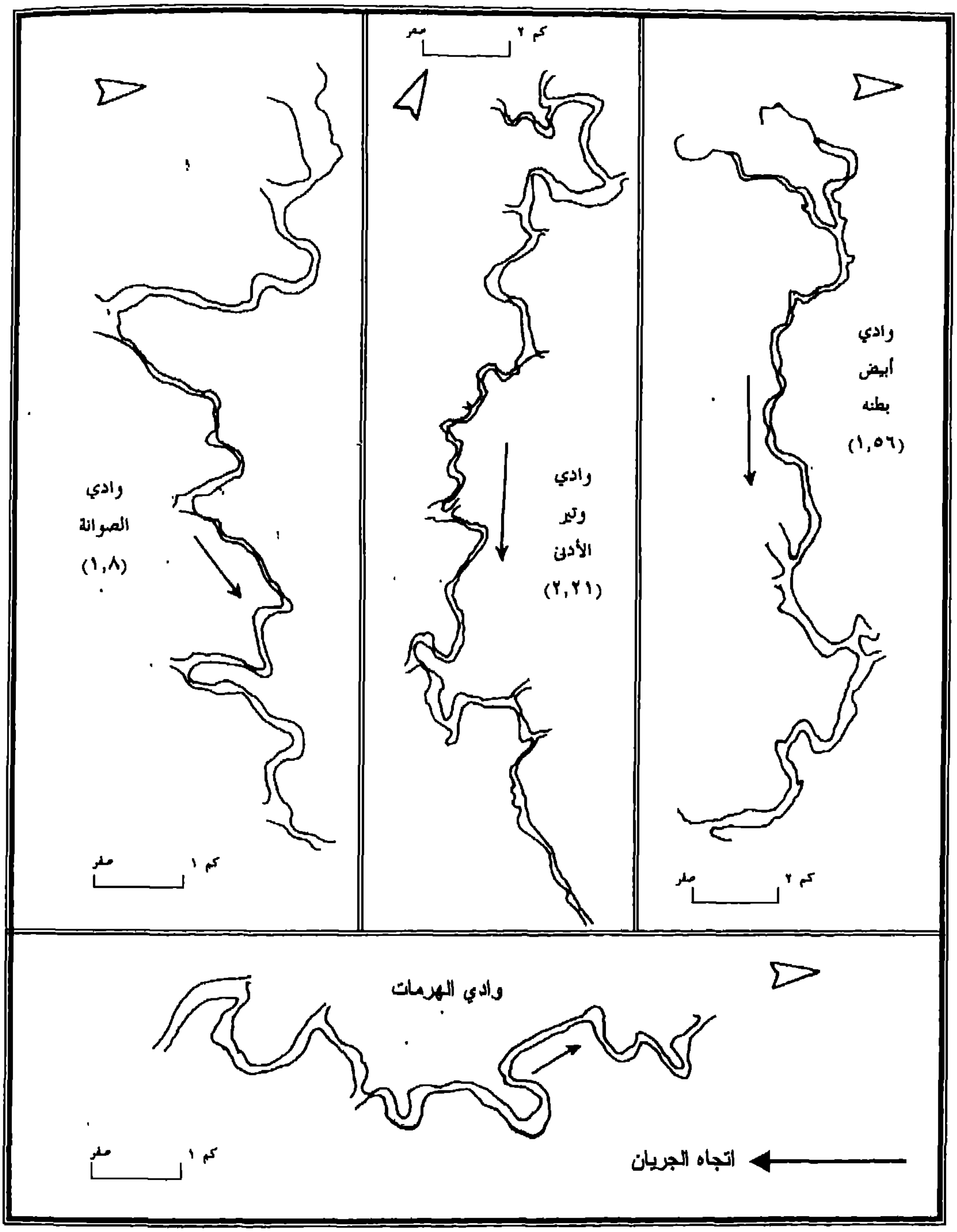
د- كما أشار (صالح ، ١٩٨٥، ص ١٥٨) فإن الأودية الصحراوية تعتبر إرثاً لظروف مناخية سابقة وتعتبر أودية حفرية وبالتالي فإن تأثير الجريان على أنماط الأودية في الوقت الحاضر يعد تأثيراً محدوداً لا يتعدى مجرد التعديل البسيط لقيعان الأودية ، ولا يتم ذلك باستمرار ولكن خلال فترات محدودة أثناء السيول التي تتسم بعدم انتظامها.

٣- النمط المنعطف Meandering Pattern

تعتبر الأودية ذات نمطاً منعطفاً إذا زاد مؤشر التعرج عن ١,٥ ويظهر هذا النمط في بعض مقاطع الأودية وخاصة في الأجزاء الشمالية حيث يظهر في القطاع الأدنى لوادي الصوانة وأبيض بطنه ، وهذان الواديان يسيران في نطاق الصخور الرسوبية ولذلك فإن وجود المنعطفات في هذه الأودية يعزى إلى طبيعة الجريان في الماضي ووصول النهر إلى مراحل متأخرة في دورة التعرية ، ويعتقد الطالب أن هذه المنعطفات قد نشأت في الماضي نتيجة لزيادة المقاومة الناتجة عن وجود الحفر والحواجز (Pool & Riffle) ، ويعمل النهر دائماً على تساوي الطاقة المفتقدة في كل أجزاء المجرى ولذلك فإن النهر يميل إلى الانعطاف والتثني ، إذ أن تقوس المجرى يؤدي إلى تقليل الطاقة المفتقدة بصورة نسبية ، (Ritter,1982,pp.238-241) ، ويعتبر انعطاف المجرى مظهراً من مظاهر التعادل Equilibrium حيث يعمل النهر على ضبط كل من السرعة والعمق والانحدار في نطاق المنعطفات وبالتالي يحاول النهر أن يجعل الطاقة المبددة متساوية على طول قطاعات النهر.

وقد أشار (الحسيني ،١٩٩١، ص٢٠) إلى أن النهر المنعطف أقرب إلى التعادل من النمط المستقيم ، كذلك فإن للجوانب المكونة لجوانب الوادي وقاعه دوراً كبيراً في نشأة المنعطفات، وقد أشار (Hanwell & Newson, 1973,p.139) إلى أهمية الرواسب المكونة لجوانب المجرى في نشأة المنعطفات .

وتتسم منعطفات الواديين السابقين بأنها من النوع غير المكتمل Ingrown Meander حيث أن القطاع العرضي غير متماثل الجوانب حيث تتسم الجوانب المقعرة بشدة انحداراتها والجوانب المحدبة بقلة انحداراتها وهذه المنعطفات لا تتكون إلا في مرحلة النضج والشيخوخة ، أما منعطفات الشباب فيطلق عليها الثنيات المتعمقة Entrenched Meander وتتسم بتماثل جوانبها وشدة انحداراتها وتتسم الأودية المثنية بالمنطقة ، شكل (٦-٧) ، بعدة خصائص يوضحها الجدول التالي:



شكل (٦-٧)

نماذج مختارة من أنماط الأودية المنعطفة

جدول (٦-٣) بعض الخصائص المورفومترية للأودية المنعطفة

الوادي	طول الوادي في خط مستقيم (كم)	الطول الفعلي (كم)	معامل التعرج	ملاحظات
وتير الأدنى	١٩،٣١	٤٢،٦٥	٢،٢٠	صخور نارية
الهرمات	٥،٩٢	١١،٨٢	١،٩٩	•
الصوانة	٨،٩	١٦،١٥	١،٨	صخور رسوبية
أبيض بطنه	١٧،٤٥	٢٧،٣٣	١،٥٦	•
المتوسط	١٢،٨٩	٢١،٩٨	١،٨٨	

ويتضح من الجدول السابق أن متوسط التعرج قد بلغ ١،٨٨ ويزيد هذا المعدل في الأودية التي تجري في الصخور النارية وهما واديا وتير الأدنى (٢،٢٠)، والهرمات (١،٩٩)، وبجدر بالذكر ان وادي وتير الأدنى يمثل القطاع الممتد من مصب الوادي وحتى التقاءه برافديه وتير الأعلى والزلقة، بينما يمثل وادي الهرمات القطاع الأدنى لوادي الزلقة، وقد رصد الطالب أكثر من ٢٠ ثنية على وادي وتير الأدنى وهي من الثنيات المتعمقة متماثلة الجوانب حيث تتسم جوانب الوادي بظهورها على هيئة حوائط رأسية ، صورة (٦-٢٢) ، كما يلاحظ أن عرض الوادي يضيق جدا في نطاق هذه الثنيات ويحتل الطريق الرئيسي (نويبع - النقق) قاع الوادي بأكمله تقريبا في معظم أجزاء وادي وتير الأدنى ، صوره (٦-٢٣) .

وتمثل هذه الثنيات خطورة بالغة على قائدي المركبات نظرا لشدة انحناءات هذه الثنيات والتي تتراوح بين ٦٥ - ١٣٥ درجة بمتوسط ٩٠ درجة (صالح ، ١٩٨٩، ص١٦٨)

وينبغي الإشارة هنا إلى أن ثنيات أودية وتير الأدنى والهرمات لم تنشأ بفعل الجريان أو نتيجة لتطور الأودية وتقدمها في المرحلة الجيومورفولوجية وإنما هذه الثنيات تمثل صدى لنوع الصخر والظروف البنيوية وخاصة ثنيات وادي وتير الأدنى التي نشأت بفعل الإنكسارات العديدة التي تتعدد اتجاهاتها مما أدى إلى وجود الثنيات والتي بلغ عددها كما ذكرنا أكثر من ٢٠ ثنية .

وقد قام الطالب بقياس الأبعاد المورفومترية للثنيات[١] في كل وادي من الأودية الأربعة السابقة، وترتبط متغيرات الثنيات مع بعضها بعلاقات رياضية يوضحها الجدول التالي:

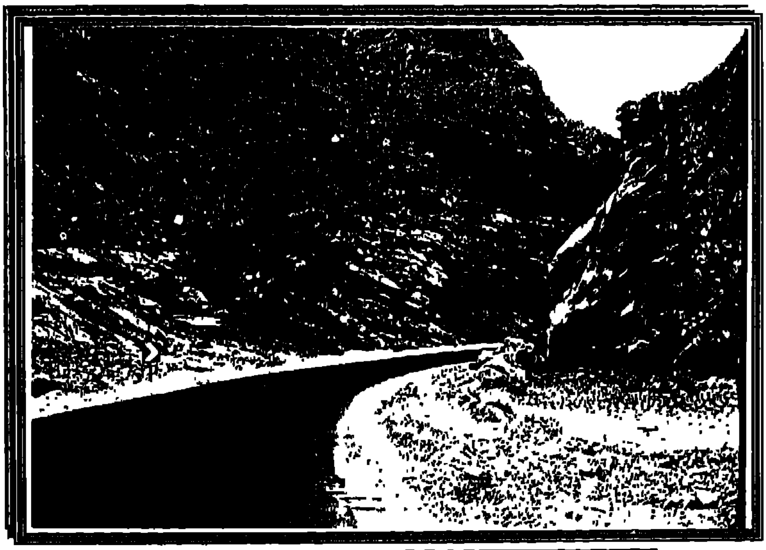
---

[١] الابعاد المورفومترية للثنيات هي: أ- طول الثنية، وهي تمثل المسافة بين قمتي الموجه Crests، وتتسم الثنيات بزيادة أطوالها في بداية نشأتها.

ب- الاتساع Amplitude: وهو يمثل المسافة المحصورة بين خطين أحدهما يتعامد على قمة الموجه والآخر يتعامد على قمة الموجه التالية.

ج- نصف قطر التقوس Radius of Curvature وهو عبارة عن نصف قطر الدائرة التي يمثل المنعطف جزءا منها.

صورة (٦-٢٢) إحدى الثنيات النهرية على وادي وتير وعلى بعد ٨ كم من مخرج الوادي "ناظراً صوب الشمال الشرقي"



صورة (٦-٢٣) إحدى الثنيات النهرية على بعد ١٢ كم من مخرج الوادي "ناظراً صوب الجنوب الشرقي"

جدول (٦ -٤)   **العلاقات الرياضية بين أبعاد المنعطفات النهرية***

المتغير	العلاقة الرياضية	المصدر
الطول (L)	$L = 6.6\ W^{0.99}$	Inglis,1949
"	$L = 10.9\ W^{1.01}$	Leopold,Wolman,1957
"	$L = 4.7\ W^{0.98}$	Leopold,Wolman,1957
"	$L = 30\ A^{0.5}$	Dury,1965
"	$L = 10\ W$	Dury,in Chorley,1969
الاتساع (A)	$A = 18.6\ W^{0.99}$	Inglis,1949
"	$A = 10.9\ W^{1.04}$	Inglis,1949
"	$A = 2.7\ W^{1.1}$	Leopold,Wolman,1957

*المصدر 1 - Gregory&Walling,1978
2 – Dury, in Chorley,1969
3 – Ritter,1982

ومن خلال دراسة أبعاد الثنيات في الأودية المذكورة اتضح ما يلي:

١- بلغ متوسط طول الثنية نحو ١١٣٠ متر ويقل في واديي وتير الأدنى والهرمات ليصل إلى نحو ٩٠٠ متر فقط ، بينما بلغ متوسط اتساع الثنيات نحو ٩٠٠ متر، ويصل في وادي وتير الأدنى والهرمات إلى نحو ٨٠٠ متر فقط .

٢ - بلغ متوسط عرض المجرى نحو ١٣٠ مترا ويقل في وادي وتير الأدنى والهرمات ليصل إلى أقل من ١٠٠ مترا فقط ، بل أن متوسط عرض المجرى قد وصل لأقل من ٥٠ مترا فقط في ثنيات وادي وتير الأدنى .

بدراسة العلاقات بين أبعاد الثنيات كما يوضحها الجدول التالي تبين ما يلي:

جدول (٦-٥) الأبعاد المورفومترية لثنيات المنطقة والعلاقات بين المتغيرات*

الوادي	متوسط طول الثنية L (متر)	اتساع الثنيات A (متر)	نصف قطر التقوس R (متر)	متوسط عرض المجرى W (متر)	L/A	L/R	L/W	A/W	R/W
وتير الأدنى	٩٣٠	٨٠٠	٥٥٠	٤٥	١,١٦	١,٦٩	٢٠,٦٧	١٧,٧٨	١٢,٢٢
الهرمات	٩٠٠	٨٣٠	٥٠٠	١٣٠	١,٠٨	١,٨	٦,٩٢	٦,٣٨	٣,٨٥
أيص بطنه	١٣٠٠	٩٠٠	٤٥٠	٢١٠	١,٤٤	٢,٨٩	٦,١٩	٤,٢٩	٢,١٤
الصوانة	١٤٠٠	١١٠	٨٠٠	١٥٠	١,٢٧	١,٧٥	٩,٣٣	٧,٣٣	٥,٣٣
المتوسط	١١٣٢	٩٠٧,٥	٥٧٥	١٣٣,٧	١,٢٤	٢,٠٣	١٠,٧٨	٨,٩٥	٥,٨٩
الإنحراف المعياري	٢٥٤,٧	١٣٥	١٥٥,٥	[illegible]	٠,١٦	٠,٥٧	٦,٧٣	٦,١٢	٤,٤٢
معامل الاختلاف %	٢٢,٥	١٤,٩	٢٧,٠	٥١	١٢,٦	٢٨,١٨	٦٢,٤٢	٦٧,٣	٧٥,١

يصل طول الثنية إلى نحو ١,٢٤ قدر اتساعها ، ويقل هذا المعدل في وادي وتـير الأدنى والهرمات ، إذ يصل إلى ١,١٦ ، ١,٠٨ على التوالي .

يصل متوسط طول الثنية إلى عرض المجرى نحو ١٠ مرات ويرتفع هذا المعدل ليصل إلى نحو ٢٠ في وادي وتير الأدنى ، ويرجع ذلك إلى ضيق الوادي في هذا الجزء حيث يقل عرض الوادي في بعض الأحيان لأقل من ٢٠ مترا ، ويتفق ذلك مع ما أشار إليه ليوبولد وزملائه (Leopold,et-al,1964,Pp.309-310) عند دراسة الثنيات في وادي ساسكوانا بولاية بنسلفانيا من أن هناك علاقة طردية دائمة بين طول الثنية وعرض المجرى سواء كان ذلك للأودية التي تجري فوق السهول الفيضية أو الأودية الصخرية كما هو الحال في أودية منطقة الدراسة ، أما ديوري فقد أشار إلى أن طول الثنية يتراوح ما بين ٧ - ١٠ مرة قدر عرض الوادي بالنسبة للثنيات المتعمقة Incised Meanders (Graf,1988,p.199).

وقد تراوح طول الثنية إلى عرض المجرى بين ٨,٢ - ٣١ مرة ،

نخلص من ذلك إلى أن ثنيات المنطقة قد تكونت في ظروف مناخية مختلفة ، كما أن عامل الصخر والبنية كان له دورا كبير في نشأة هذه الثنيات كما رأينا في ثنيات وادي وتير الأدنى، ولكن على الرغم من ذلك فإن أبعاد الثنيات ترتبط فيما بينها بعلاقات هندسية تقارب تلك العلاقات التي تربط بين ثنيات المجاري النهرية، كذلك فإن العمليات الجيومورفولوجية التي تتم على كلا جانبي الثنية (النحت على الجانب المقعر والإرساب على الجانب المحدب) تشابه تلك العمليات الموجودة في الأودية الرسوبية ولكن تتم بصورة أكثر بطئا نظرا لصلابة جوانب الأودية وشدة مقاومتها، وقد

أظهرت الدراسة الميدانية أن معدلات النحت على الجوانب المقعرة تتفوق على معدلات الإرساب على الجوانب المحدبة المقابلة لها وبالتالي يتسم الوادي بزيادة عرضه في نطاق الثنية .

تتسم ثنيات المنطقة في الوقت الحاضر بالثبات النسبي نتيجة لطبيعة الجريان والذي لا يحدث إلا في صورة سيول غير منتظمة وفي كثير من الأحيان لا تصل المياه إلى جوانب الوادي ولكنها تنحت بعض القنوات الصغيرة داخل قاع الوادي نفسه ما تلبث أن تجف تاركه جوانبها في صورة مدرجات صغيرة لا يتراوح ارتفاعها بين ١-٢ متر وربما أقل في بعض الأحيان التي يكون فيها الجريان محدودا .

٤ – النمط المتشعب Braided Pattern

أشار (Leopold, & Wolman,{In Dury},1969,p.197) إلى أن جاكسون Jackson هو أول من استخدم مصطلح النمط المتشعب Anastomosis في عام ١٨٣٤، ثم استخدمه بيل Peale.عام ١٨٧٩ في دراسة عن أودية وايمنج ، ويقصد بالمجرى المتشعب انقسام المجرى الرئيسي إلى مجموعة من المجاري الفرعية نتيجة لوجود بعض الجزر الرسوبية ، ثم انضمام هذه المجاري الفرعية في مجرى واحد مرة أخرى ، وقد أشار (Graf,1988,p.201) إلى أن المجاري المتشعبة تكون أكثر شيوعا في المناطق الجافة من الأنماط الأخرى .

وتوجد عدة مقاييس كمية لقياس درجة تشعب المجرى نذكر منها.

- مقياس برايس للتشعب : ويمكن الحصول عليه من خلال العلاقة التالية :

$$B = (\sum L*2)/Chl$$

حيث

B تمثل مقياس التشعب

L تمثل أطوال الجزر

Chl تمثل طول المجرى

فإذا كان ناتج المعادلة ١,٥ أو أكثر أعتبر المجرى متشعبا والعكس إذا كان الناتج أقل من ١,٥ أعتبر المجرى غير متشعب .

- معدل كثافة الجزر : وفيه يتم حساب تكرارية الجزر في وحدة خطية محددة ولتكن ١ كم ، ويمكن الحصول على هذا المعدل من خلال العلاقة التالية :

$$E = \sum L / Chl$$

حيث :

E تمثل معدل كثافة الجزر

L تمثل إجمالي أطوال الجزر

Chl تمثل طول المجرى الرئيسي

- كما يمكن حساب درجة التشعب عن طريق استخدام أطوال المجاري الفرعية التي تنشأ نتيجة لوجود الجزر في مجرى النهر ، ويمكن استخراج مقياس التشعب من خلال العلاقة التالية :

$$B = (\sum Sc*100) / Chl$$

حيث :

B تمثل درجة التشعب

Sc تمثل إجمالي أطوال المجاري الفرعية

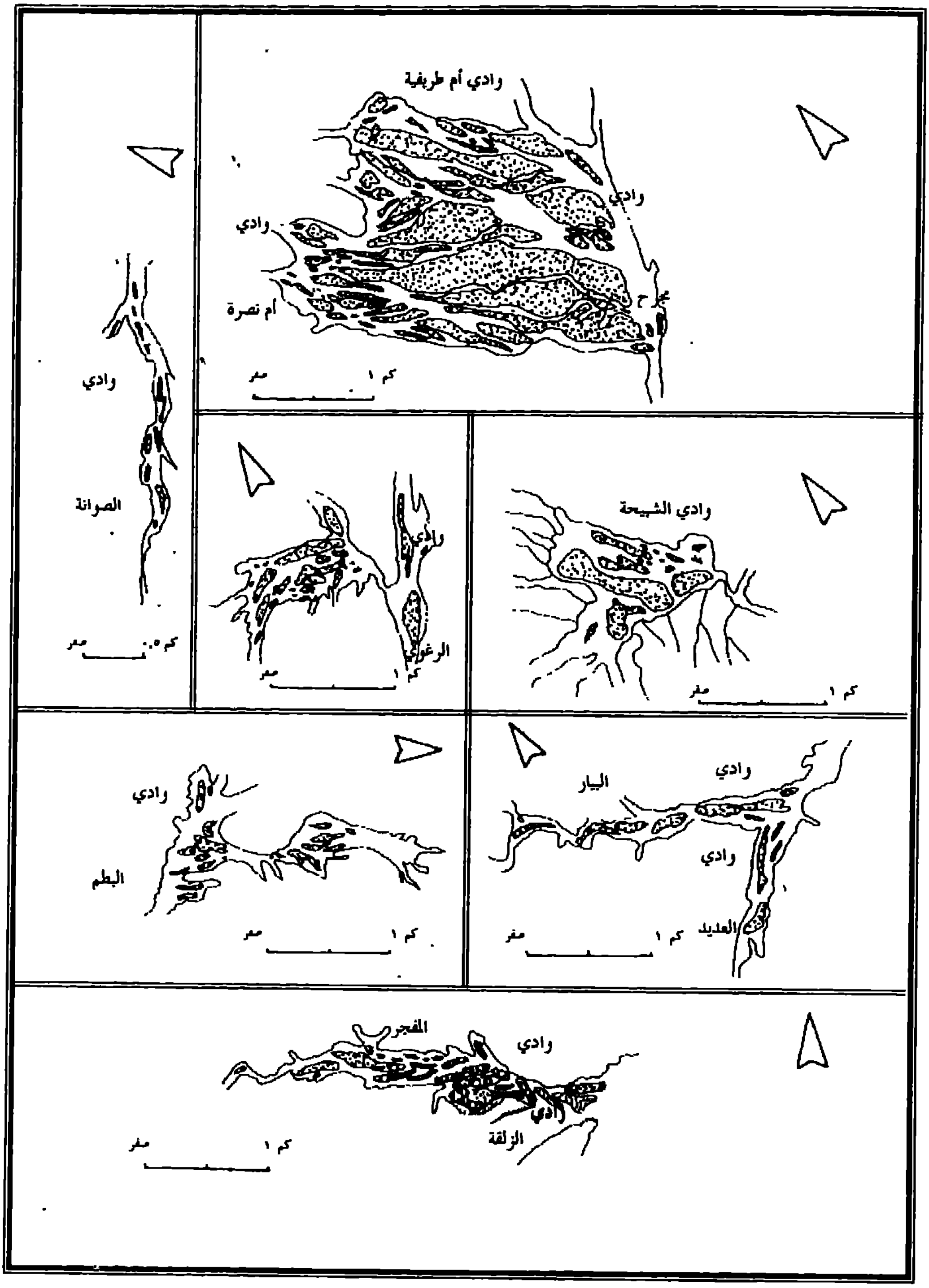
Chl تمثل طول المجرى الرئيسي

وإذا اقترب الناتج من ١٠٠٪ دل ذلك على شدة تشعب المجرى ، ويعد هذا المقياس من أفضل مقاييس التشعب ، (الحسيني ، ١٩٩١،ص ٦٧-٦٨) .

ولكن يلاحظ أن جميع المقاييس السابقة تعتمد على طول المجرى من نقطة المنبع إلى نقطة المصب وبالتالي فقد يكون الناتج مضللا إذا كانت الجزر تتركز في مقطع reach أو أكثر من مقاطع المجرى ، ولذلك فإن الطالب يقترح تطبيق المعايير السابقة لقياس التشعب على المقاطع التي تحتوي على الجزر بالفعل ثم دراسة ضوابط تكوين الجزر في هذا الجزء .

وبالنسبة لمنطقة الدراسة فقد سجل الطالب بعض المجاري المتشعبة كما يوضحها شكل (٦-٨) ويتضح من الشكل ما يلي :-

- تتركز المجاري المتشعبة في الأودية الشمالية التي تجري فوق الصخور الرسوبية وتكاد تختفي ظاهرة المجاري المتشعبة في الأودية الجنوبية التي تجري فوق الصخور النارية الصلبة.
- تزداد كثافة الجزر في الروافد الرئيسية الشمالية حيث تقل درجة الانحدار ويصبح السطح شبه مستوي ويتضح ذلك في مجرى وادي أم طريفية - أم نصره حيث بلغت كثافة الجزر نحو ٩٠٪ في هذا المقطع .
- تتسم الأودية المتشعبة بزيادة متوسط عرضها في نطاق الجزر وقد وصل متوسط عرض المجرى نحو ٣٥٠٠ متر في مجرى وادي أم طريفية - أم نصره ، وعلى الرغم من هذا الاتساع الهائل والذي يضارع الأنهار الكبرى إلا أن ارتفاع جوانب الوادي لا يزيد عن بضعة أمتار قليلة ويتسم بالضحولة في كثير من الأجزاء ، ووصل عرض المجرى إلى ٧٥٠ متر في وادي الرغوي ، ونحو ٥٠٠ متر في وادي البيار ، ونحو ٩٠٠ متر في وادي البطم .



شكل (٦-٨) **أنماط الأودية المتشعبة بالمنطقة**

- الكثير من الجزر التي تتوسط المجرى لا يزيد ارتفاعها عن بضعة أمتار قليلة وربما لا يتعدى منسوبها المتر الواحد ، صورة (٦-٢٤) ، ويلاحظ أن هذه الجزر تتعرض باستمرار لعمليات النحت وخاصة في جوانبها ، حيث تعمل السيول على توسيع المجاري الفرعية على حساب الجزر وخاصة أثناء السيول الضعيفة ، صورة (٦-٢٥).
- لم تظهر الجزر الرسوبية في وادي وتير إلا شمال النطاق الخانقي ، ولكن على الرغم من ذلك فقد سجلت بعض الجزر الصغيرة أمام مصبات الروافد ، ويبدو أن هذه الجزر قد اقتطعت أساساً من المراوح الفيضية التي كونتها أودية الروافد ، صورة (٦-٢٦).
- تتراكم الرواسب الخشنة والكتل كبيرة الحجم فوق أسطح الجزر ، إذ تعمل هذه الجزر على اصطياد هذه الكتل أثناء السيول وخاصة في المراحل المتأخرة من السيل ، حيث تقل المياه ويؤدي ذلك بدوره إلى ترسيب الكتل والرواسب الخشنة أولاً ثم الرواسب الأنعم ، صورة (٦-٢٧) ، (٦-٢٨) ، وعلى الرغم من هذا الاتساع الهائل والذي يضارع الأنهار الكبرى إلا أن ارتفاع الوادي لا يزيد عن بضعة أمتار قليلة ويتسم بالضحولة في كثير من الأحيان.
- لاحظ الطالب تركز بعض الجزر في نطاق الثنيات ، صورة (٦-٢٩) ، وربما يرجع ذلك إلى اضطراب الجريان في نطاق الثنية ، إلا أن هذه الجزر تتسم بصغر مساحاتها وقلة أبعادها، وغالباً ما تتلاشى في حالة حدوث سيول قوية ، إذ لا يتعدى ارتفاعها المتر الواحد .
- تتسم المجاري المتشعبة بتعدد المجاري واختلاف خصائصها سواء من حيث عمقها وعرضها وبالتالي فليس من الضروري أن يحدث الجريان في كل المجاري الفرعية ، كما أشار إلى ذلك (صالح ، ١٩٨٥، ص ١٨٥) ، ومن ثم فإن عمليات النحت والإرساب تختلف من مجرى إلى آخر داخل المجرى الرئيسي الذي يضم كل المجاري الفرعية .
- قام الطالب بجمع بعض العينات من الجزر الرسوبية ، وقد اتضح أن نسبة المواد الخشنة (حصباء – حصى – رمل خشن جداً –رمل خشن) تتراوح بين ٦٠ – ٨٠٪ وبلغت نسبة المواد الناعمة (رمل متوسط – ورمل ناعم – ورمل ناعم جداً – غرين) تتراوح بين ٢٠-٤٠٪.

على الرغم من ضرورة وجود الجزر الرسوبية والحواجز حتى نطلق على المجرى صفة التشعب ، فإن هناك بعض الجزر الصخرية التي رصدها الطالب في بعض مجاري الأودية والتي تعمل بدورها على تشعب المجرى ، صورة (٦-٣٠) ، وقد تعترض المجرى جزيرة واحدة أو أكثر من جزيرة كما الحال في وادي نخيل ، صورة (٦-٣١) ، وجدير بالذكر أن التشعب الذي ذكرناه سابقاً يختلف عن التشعب الناتج عن وجود الجزر الصخرية، إلا أن وجود الكتل الصخرية يعمل

صورة (٦-٢٤)

جزيرة رسوبية صغيرة في قاع وادي الزلقة

ناظراً صوب الشمال الشرقي"

صورة (٦-٢٥)

النحت في جوانب إحدى الجزر الرسوبية في قاع مجرى وادي غزالة

ناظراً صوب الجنوب الغربي"

صورة (٦-٢٦)

إحدى الجزر الرسوبية في قاع وادي وتير بالقرب من الطريق الرئيسي

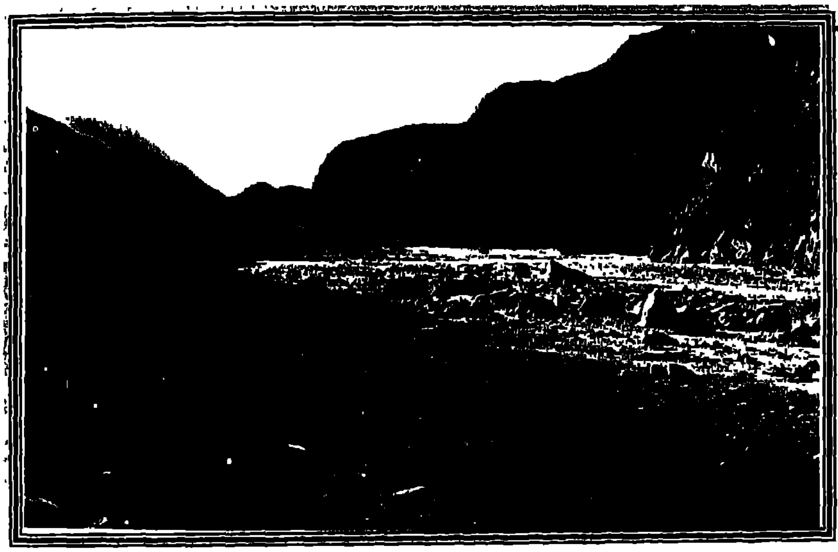
ناظراً صوب الجنوب الشرقي"

صورة (٦-٢٧)

الكتل الصخرية الكبيرة فوق إحدى الجزر الرسوبية بوادي عزالة

"ناظراً صوب الشمال الشرقي"

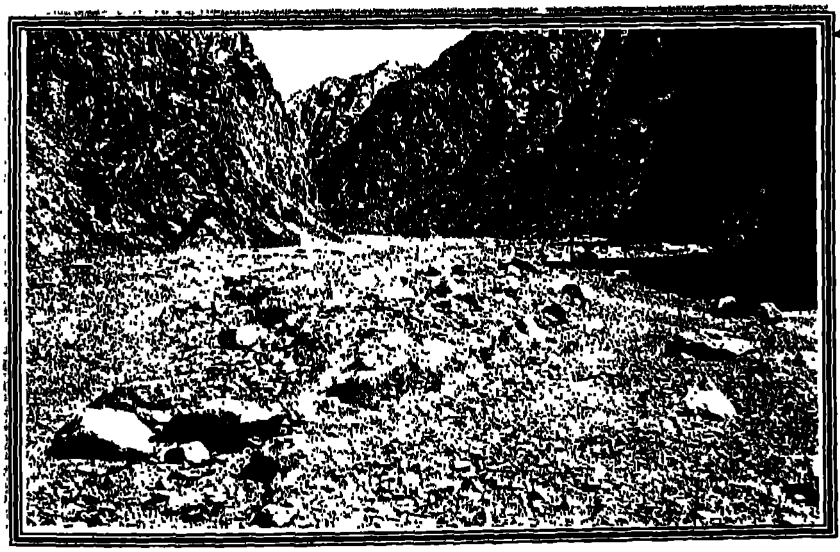
صورة (٦-٢٨)



تراكم الرواسب الخشنة فوق الجزر الرسوبية بوادي الزلقة

"ناظراً صوب الشمال الشرقي"

صورة (٦-٢٩)

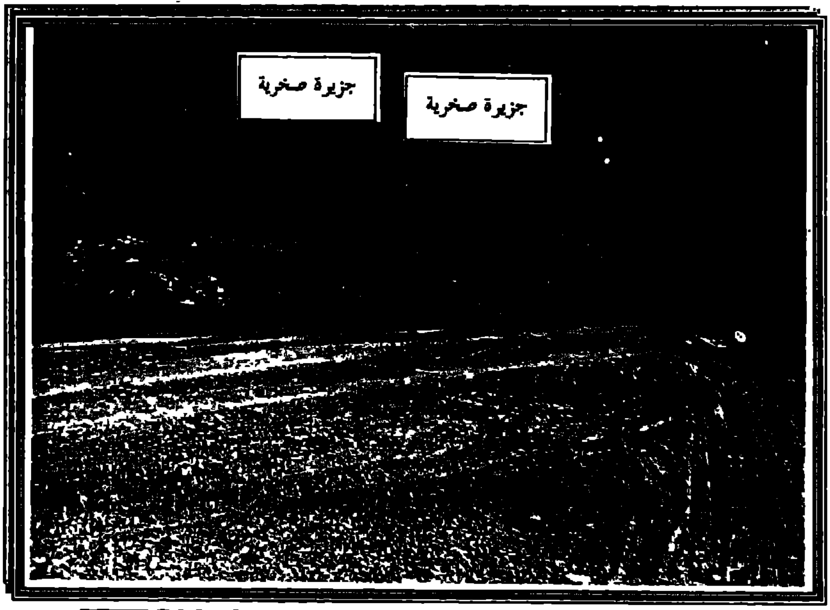


جزيرة رسوبية صغيرة في قاع وادي ساكت سكوت وبالقرب من مصبه

"ناظراً صوب الشمال الشرقي"

صورة (٦-٣٠) إحدى الجزر الصخرية بقاع وادي غزالة

"ناظرا صوب الشمال الشرقي"



صورة (٦-٣١) الجزر الصخرية بوادي نخيل

"ناظرا صوب الشمال"

على تكوين بعض الجزر الصغيرة والحواجز الرسوبية خلفها ، حيث تلتقي تيارات المياه بما تحمله من رواسب خلف الجزيرة ويؤدي هذا الاصطدام إلى ترسيب الحمولة وخاصة الحمولة الخشنة ، وتأخذ هذه الجزر شكل الألسنة ، وتتسم بقلة أحجام رواسبها باتجاه المصب .

وتتألف صخور الجزر الصخرية من الصخور المكونة لجانبي الوادي ، ففي الأودية التي تتألف جوانبها من صخور الجرانيت ، تتألف هذه الجزر من الجرانيت ، وفي الأودية المؤلفة جوانبها من صخور الحجر الجيري فإن هذه الجزر – في حال وجودها – تتألف بدورها من الصخور الجيرية ، وربما تكون هذه الجزر كانت محصورة بين القواطع الأقل صلابة التي ما لبثت أن تآكلت تاركة الأجزاء الفاصلة بينها على هيئة جزر صخرية لا تظهر عليها أي رواسب نهرية ، وتعتبر التجوية من أهم العمليات السائدة على سطح هذه الجزر في الوقت الحالي .

وتتسم الجزر الصخرية بشدة انحدارها في جميع جوانبها وخاصة الجوانب المواجهة للمنبع ، وقد وصلت درجات الانحدار في الأحيان لأكثر من ٤٠ درجة ، أما الجوانب المواجهة للمصب فإنها أقل انحدارا نسبيا وربما يرجع ذلك إلى احتفاظ الجوانب المواجهة للمصب بالرواسب الناتجة عن عمليات التجوية لفترة أطول من الجانب المواجه للمنبع ، صورة (٦-٣٢) ، صورة (٦-٣٣) .

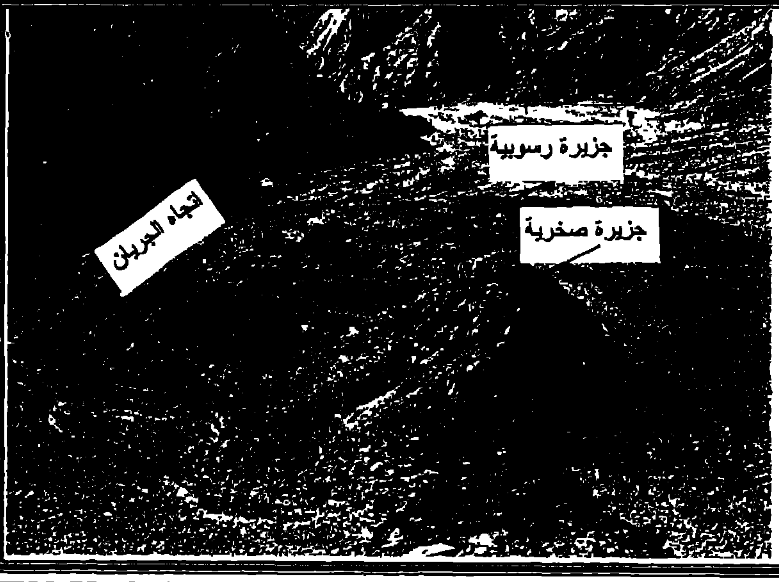
وتتسم الجزر الصخرية بالثبات نتيجة لصلابة المواد المكونة لها مقارنة بالجزر الرسوبية حيث تعمل السيول باستمرار على تعديلها ، وإذا كان عمليات التعرية النهرية أكثر تأثيرا في الجزر الرسوبية ، فإن عمليات التجوية أكثر تأثيرا في الجزر الصخرية وخاصة التجوية الميكانيكية .

وقبل أن نترك الحديث عن التشعب فيجدر بنا أن نذكر أهم أسباب التشعب في الأودية الجافة والتي حددها جراف (Graf, 1988,Pp. 201-202) في النقاط التالية:

- <u>حمولة القاع</u> ، فمن المعروف أن الأودية الجافة لديها القدرة على حمل الرواسب الخشنة ومن ثم تصبح أكثر كفاءة ، ويرجع ذلك لتوفر الحمولة الخشنة نتيجة لسيادة عمليات التجوية الميكانيكية التي تعمل على توفير رواسب كبيرة الحجم ، وتكون قدرة النهر المحتملة على حمل هذه الرواسب كبيرة ، وتمثل حمولة القاع الخشنة ضغط على القاع نتيجة لكبر حجمها من جهة وشدة اندفاعها من جهة أخرى .
- **<u>انحدار المجرى</u> ، تتسم المجاري المتشعبة بزيادة انحدارها ، وفي حال ثبات العوامل** الأخرى فإن زيادة الانحدار يؤدي إلى تحول المجاري من النمط المتعرج إلى النمط المتشعب ، وذلك لأن زيادة الانحدار تعمل على زيادة قوة النهر Stream power، وعادة ما تتصف الأودية الجافة بأنها أكثر انحدارا من الأودية دائما الجريان ، وقد أشار (& Gregory
-

صورة (٦-٣٢)

الجانب المواجه للمنبع بجزيرة نخيل الصخرية وقد ظهر شديد الانحدار ويكاد يخلو من الرواسب "ناظرا صوب الجنوب الغربي"



صورة (٦-٣٣)

تقطع جوانب جزيرة نخيل الصخرية المواجهة للمصب ويلاحظ تكون بعض الجزر الرسوبية خلف الجزيرة الصخرية

"ناظرا صوب الجنوب الغربي"

(Walling, 1978, p.82) إلى أن الأودية الأكثر انحدارا تميل إلى التشعب ، فعلى حين بلغ انحدار الأودية المتعرجة ٠,٠٦ درجة فإن متوسط انحدار الأودية المتشعبة نحو ٠,٢٢ درجة .

- **طبيعة الجوانب المكونة لجوانب الوادي** ، فتكوين الحواجز ونموها في المجرى يتطلب أن تكون جوانب الوادي سريعة القابلية للنحت والتراجع ، كما أن وجود النبات الطبيعي يعمل على تماسك جوانب الوادي ومن ثم تقليل فاعلية النحت ، وعادة ما تتسم جوانب الأودية الجافة بقابليتها للنحت (باستثناء بعض الحالات التي تتكون فيها الأودية وسط صخور شديدة الصلابة) وقلة النبات الطبيعي ومن ثم تقل مقاومتها لعمليات النحت والتراجع .
- **طبيعة الجريان** ، يؤدي اختلاف وتباين التصرف في المناطق الصحراوية إلى تعزيز فرص وجود النمط المتشعب .

وينشأ نمط الأودية المتشعبة من تفاعل جميع العوامل السابقة ، وربما توجد عوامل أخرى تؤدي إلى ظهور هذا النمط ولكن العوامل الأربعة السابقة هي الأكثر تأثيرا في أودية المناطق الجافة .

د : المراوح الفيضية: Alluvial Fans

تعد المراوح الفيضية من أهم أشكال الإرساب النهري بالمنطقة ، وتعد هذه الظاهرة أرث لظروف مناخية وعمليات جيومورفولوجية سابقة ، حيث يعتقد على نطاق واسع أن هذه الظاهرة قد تكونت تحت ظروف مناخية مطيرة حدثت خلال البليستوسين ، إلا أن هذا لا يمنع من أن المراوح الفيضية تتعرض لبعض التعديلات وخاصة أثناء السيول القوية التي تجتاح المنطقة من وقت لآخر.

وتتسم المنطقة بوجود أكثر من نمط من أنماط المراوح الفيضية ، فهناك المراوح الجبلية التي تتكون عند مصبات الروافد في نطاق الخانق أو في الجزء الأدنى من وادي وتير وقد أطلق نلسن (Nilsen, 1985, p.4) على هذا النمط اسم Wedge - Shaped bodies أو النمط الأسفيني، ويتسم هذا النمط بزيادة سمك الرواسب بالقرب من مقدمة الجبال ويقل سمك الرواسب بالابتعاد عن مخرج الأودية المكونة لها ، ويعكس هذا النمط حركة رفع للجبال قبل نشأة المراوح الفيضية ، وهذا النمط له من الخصائص والسمات التي تميزه عن غيره مما دعا بعض الباحثين إلى دراسة هذا النمط بمنطقة الدراسة ، (صالح ، ١٩٨٩،ص ٢-٥) ، كذلك يوجد نمط المراوح المركبة ، ويتمثل هذا النمط في المراوح الفيضية التي تكونت فوق دلتا وادي وتير، وأخيرا يوجد نمط المراوح التي تكونت في القسم الشمالي للحوض ، والتي من الممكن أن نطلق عليها نمط المراوح المتسعة ، وتتسم هذه المراوح باتساعها وقلة انحداراتها ، كما تتسم بأن رواسبها أكثر

نعومة وتصنيفا من النمطين السابقين، وقد اعتمد الطالب في دراسته للمراوح الفيضية على المصادر الآتية :

- الدراسات السابقة ومن أهمها دراسة (صالح ، ١٩٨٩)
- الخرائط الطبوغرافية بمقياس ١/٥٠,٠٠٠
- مرئية فضائية من نوع Landsat TM
- الدراسة الميدانية ، وتم خلالها قياس أبعاد بعض المراوح وجمع العينات ، وسوف تعالج دراسة المراوح الفيضية العناصر التالية :

١ - التوزيع الجغرافي للمراوح وخصائصها المورفومترية

من خلال دراسة المصادر السابقة والجدول التالي تبين ما يلي :-

جدول (٦-٦) الأبعاد المورفومترية لبعض المراوح الفيضية بالمنطقة*

الوادي	مساحة حوض التصريف (كم٢)	مساحة المروحة (كم٢)	أقصى طول (كم)	متوسط العرض (كم)	متوسط الانحدار (درجة)
ساكت سكوت	٣,٤٦٦	٠,٠٢٢٠	٠,٢٦٥	٠,٠٨٣	١٢
أم مثلة	٨,٣٢٤	٠,٠٢١٢	٠,٣٢١	٠,٠٤٢	١١
صعيد	٤,٤٦٥	٠,٠١٨٠	٠,٢٩٢	٠,٠٧٢	١٢
الخليل	٢,١٠٢	٠,٠١٧٢	٠,١٨٠	٠,٠٣١	١١
الردة	١,٩	٠,٠١٧٩	٠,١٨٢	٠,٠٤٢	٨
غزالة	١٦٨,٧	٠,٣٥٢	٠,٥٧٢	٠,١١٢	٧
الزلقة	١٢٨٢	٠,٢٤٢	٠,٤٧٢	٠,١٠١	٥
الصوانة	٢٨٩,٩٧	٠,٨٢١	٠,٧٢١	٠,٦٠٠	٤
الشفلح	٦٧,٣٢	١٤٠٠	١٢٠٠	٠,٩٥٠	٣
قديرة	١٩٥,٣٤	١٩٠٠	١٤٠٠	٠,٩٠٠	٣
الشيحة	٨٤,٨٤١	١٣٠٠	٠,٨٠٠	٠,٩٥٠	٢
المتوسط	١٩١	٤١٨	٢٣٦	٣٥	٧,١
الانحراف المعياري	٣٧٤	٧٣٠	٥٢٧	٤١	٣,٩١
معامل الاختلاف %	١٩٥	١٧٤	٢٢٢	١١٤	٥٥,١٥

* المصدر : ١ - الخرائط الطبوغرافية ١/٥٠,٠٠٠

٢ - مرئية فضائية من نوع Landsat TM

٣- الدراسة الميدانية

تنتشر المراوح الفيضية انتشاراً كبيراً بالمنطقة ولكنها تتفاوت في أبعادها وخصائصها ، (أنظر الخريطة الجيومورفولوجية) ، تبعا لاختلاف ظروف تكوينها والبيئة التي تكونت فيها ، فالمراوح الجبلية توجد في شكل يحيط به الجبال ومجرى وادي وتير وتأخذ هذه المراوح الشكل المستطيل، كما تتسم هذه المراوح بزيادة اتساعها عند قاعدتها ، (صالح ، ١٩٨٩، ص٧٢) ، ولكن تعمل السيول على نحت قواعد هذه المراوح باستمرار وتتركها في صورة جروف شديدة الانحدار ، وتتسم هذه المراوح بقلة مساحتها بشكل عام حيث يتحكم فيها عاملين هما:

- ضيق الوادي والذي يصل في الأحيان لأقل من ٢٠ متر.
- السيول التي تعمل باستمرار على نحت قاعدة المراوح.

وهناك كذلك العامل البشري الذي يؤدي في بعض الأحيان لإزالة أجزاء من رواسب المراوح لردم الطريق في أعقاب جرفه بواسطة السيول ، صورة (٦-٣٤) .

وهناك مجموعة من المراوح الفيضية التي كونتها روافد وادي وتير داخل قيعانها في القسم الجنوبي وخاصة أودية نخيل وغزاله وصمغي ، ويلاحظ على هذه المراوح أنها أكبر مساحة من المراوح التي تتكون في وادي وتير نفسه وذلك لاتساع هذه الأودية والذي يصل في بعض الأحيان لأكثر من ٢٠٠ متر، ولذلك فإن الجزء الذي يتم نحته من قاعدة هذه المراوح محدود، صورة (٦-٣٥) ، كما أن هناك عامل أخر أدى إلى كبر مساحة هذه المراوح وهو أن حجم الجريان في أودية الروافد يكون دائما أقل من حجم الجريان في وادي وتير حتى أثناء السيول القوية، فوادي وتير يتلقى مياه من العديد من الروافد ، أما الروافد الجبلية ذاتها فمحدودة الجريان ولذلك فإن قيعانها لا تمتلئ دائما بالمياه وبالتالي تسنح الفرصة للمراوح الفيضية أن تنمو وتزيد مساحتها على حساب قيعان هذه الروافد ، صورة (٦-٣٦) ، وتتراوح درجة انحدار هذه المراوح بين ٦-٨ درجات في حين تبلغ درجة انحدار المراوح التي تكونت في قاع وادي وتير الأدنى ٨-١٢ درجة .

لاحظ الطالب أن المراوح التي تتكون على الجانب الغربي للوادي أكبر في مساحتها من تلك المراوح التي تتكون على الجانب الشرقي ، وربما يرجع ذلك إلى اختلاف التكوينات الجيولوجية فالجانب الغربي يتألف من صخور نارية قديمة جدا وبالتالي أقل مقاومة من صخور الجانب الشرقي التي تتألف في معظمها من صخور الجرانيت الحديث الأكثر صلابة.

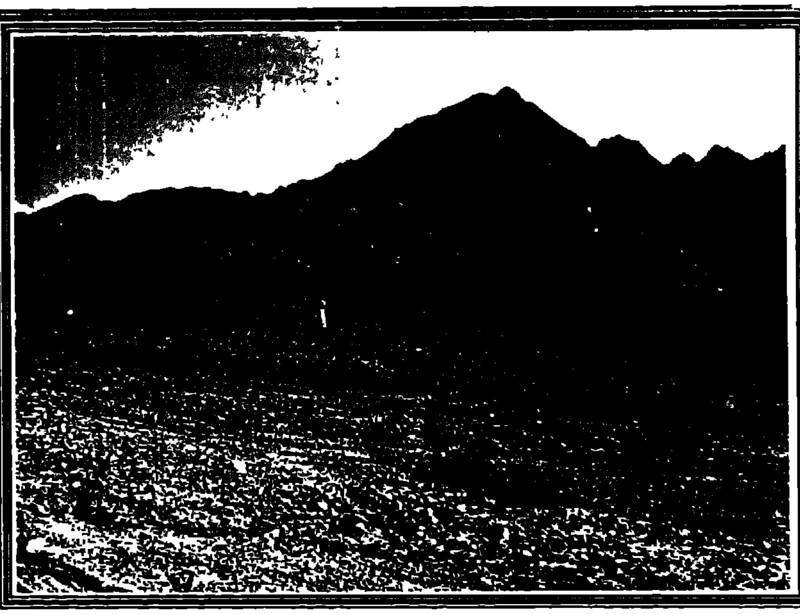
أما المراوح المتسعة فإنها تتكون في القسم الشمالي من الوادي حيث تسود الصخور الرسوبية التي تسم بقلة مقاومتها ، وتتسم هذه المراوح بكبر مساحتها وارتفاع منسوب الماء الجوفي بها حيث تنتشر بها الكثير من النباتات ، صورة (٦-٣٧) ، كما تتسم هذه المراوح بقلة انحداراتها

نمط المراوح الجبلية

صورة (٦-٣٤)

مروحة وادي ساكت سكوت على الجانب الشرقي لوادي وتير

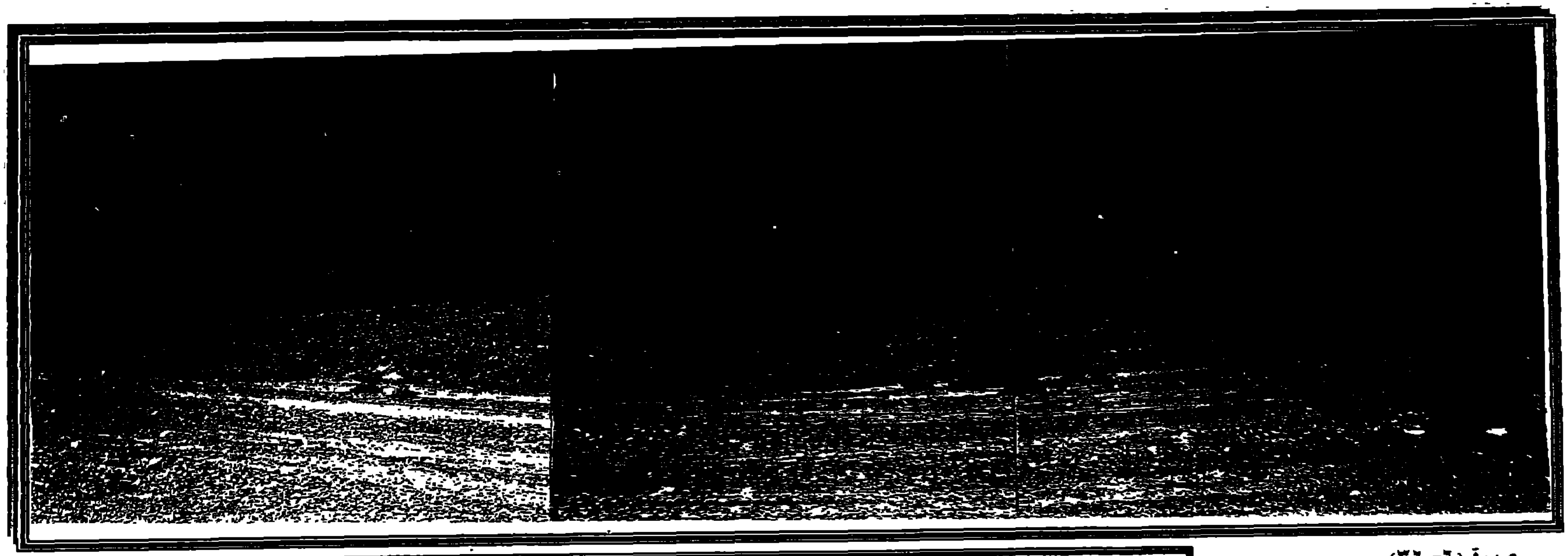
"ناظرا صوب الشمال الشرقي"



صورة (٦-٣٥)

إحدى المراوح الفيضية التي كونها أحد روافد وادي نخيل

"ناظرا صوب الشمال الشرقي"



صورة (٦-٣٦)

بانوراما لإحدى المراوح الفيضية بوادي نخيل ويلاحظ اكتمال شكلها نتيجة لاتساع الوادي كما تنتشر النباتات عند قاعدة المروحة

ناظراً صوب الشمال الغربي"

حيث يتراوح متوسط الانحدار بين ٢-٤ درجة ، وتتسم كذلك بانتشار المجاري المتشعبة فوق أسطحها التي تتألف بدورها من رواسب ومفتتات ناعمة ، صورة (٦-٣٨).

لا يوجد ارتباط واضح بين مساحة أحواض التصريف ومساحة المراوح الفيضية ، فعلى سبيل المثال فإن وادي الزلقة يشغل نحو ثلث مساحة الحوض ومع ذلك فإن مساحة مروحته لا تتعدى ١كم٢ فقط ، ويرجع ذلك إلى وجود ضوابط أخرى غير مساحة الحوض مثل ضيق المصب (وادي وتير) ونوع التكوينات الجيولوجية التي وقفت عائقا أمام زيادة مساحة المروحة ، هذا إلى جانب طبيعة الجريان في منطقة الخانق التي تعمل باستمرار على جرف ونقل الرواسب ، أما القسم الشمالي من الحوض فهناك ارتباط واضح بين مساحة الأحواض ومساحة المراوح التي تكونها وذلك لاختفاء العوامل التي أدت إلى ضيق مساحة المراوح في القسم الجنوبي ، ولذلك فنجد أن أحواض البطم وقديرة ، والشبيحة قد كونت مراوح كبيرة تزيد مساحتها عن ٥ كم٢ لكل واحدة منها على حده ، كذلك تتسم المراوح في هذا النطاق بأن رواسبها أكثر تصنيفا وأقل خشونة من المراوح الجبلية .

أما النمط الأخير من المراوح الموجود بالمنطقة فهو نمط المراوح المركبة والذي يتركز فوق دلتا وادي وتير ويتكون نتيجة لوجود بعض الروافد القصيرة التي ترسب حمولتها فوق رواسب الدلتا الرئيسية ، صورة (٦-٣٩) ، وتتسم هذه المراوح باتخاذها الشكل المخروطي ، كما تتسم بكبر مساحاتها حيث وصل متوسط مساحاتها نحو ١٩كم٢، كذلك تتسم بدرجات انحدار مرتفعة تتراوح بين ٨-١١ درجة ، ويتألف سطح هذه المراوح من رواسب الجلاميد والحصى والحصباء ، صورة (٦-٤٠) ، كما تتسم هذه الرواسب بقلة استدارتها وقلة تصنيفها ، ولا يتعدى سمك هذه الرواسب المتر الواحد ، أما بعد ذلك فنجد رواسب دلتا وادي وتير الأكثر نعومة ، ومن الممكن القول أن هذه المراوح قد تكونت في مرحلة تالية لتكوين دلتا وادي وتير حيث لم يتعرف الطالب على إرسابات خشنة أسفل سطح هذه المراوح .

ومن خلال التصنيف السابق يتضح أن هناك عدة عوامل تحكمت في أنماط المراوح بالمنطقة أهمها حسب الأولوية:

- ❖ نوع الصخر.
- ❖ طبيعة منطقة الترسيب ومقدار اتساعها.
- ❖ الخصائص المورفومترية للأحواض وأهمها مساحة الحوض وكثافة التصريف .
- ❖ نظام الجريان .

نمط المراوح المتسعة

صورة (٦-٣٧)

مروحة وادي البطم ويلاحظ قلة الانحدار وانتشار النباتات بصورة كثيفة
"ناظراً صوب الجنوب الشرقي"

صورة (٦-٣٨)

مروحة وادي قديرة في نطاق الصخور الرسوبية
"ناظراً صوب الشمال الغربي"

غط المراوح المركبة

صورة (٦-٣٩)
اثنتان من المراوح المركبة شمال مخرج وادي وتير بنحو ٥٠٠ متر
"ناظراً صوب الشمال الغربي"

صورة (٦-٤٠)
انتشار الرواسب الخشنة والحصى كبير الحجم قليل الاستدارة فوق
سطح أحد المراوح المركبة "ناظراً صوب الجنوب الغربي"

٢ - الأشكال الجيومورفولوجية والعمليات فوق أسطح المراوح الفيضية.

توجد العديد من الأشكال الجيومورفولوجية التي سجلها الطالب فوق أسطح المراوح وأهم هذه الأشكال.

- **قنوات النحت المائي :**

تتسم مراوح المنطقة بوجود مجرى رئيسي يكاد يتوسط سطح المروحة وبعض المجاري الأخرى التي من الممكن أن نطلق عليها قنوات النحت نظر لقلة أطوالها وقلة ارتفاع جوانبها ، وتنتشر هذه المجاري في شكل إشعاعي يبدأ من قمة المروحة نحو قاعدتها ، وعلى الرغم من أن هوك (Hooke,{In Nilsen},1985,p.162) ، قد أشار إلى أن أسطح المراوح التي تتألف من رواسب غير متماسكة تتعرض لتسرب المياه قبل أن تصل إلى قاعدة المروحة إلا أن الجريان القوي والسريع والرواسب الخشنة التي تحملها المياه تعمل على نشأة هذه القنوات فوق أسطح المراوح ، صورة (٦-٤١) ، كذلك فإذا كان سطح هذه المراوح مكون من الرواسب الخشنة التي تزيد فيها المسامية Porosity ، صورة (٦-٤٢) ، فإن الرواسب العميقة لهذه المراوح تتألف من رواسب أكثر نعومة ، لا تسمح بتسرب الكثير من المياه ولذلك فإن الجزء السطحي الذي لا يتعدى سمكه بضعة سنتيمترات تزيد به معدلات التسرب، وبالتالي فلا تتعرض كمية المياه إلى التسرب بأكملها إلا إذا كانت كمية محدودة لا تسمح بالجريان من الأساس .

وقد أشار هوك (Hooke,{In Nilsen},1985,Pp.162-163) إلى أن هذه القنوات تتسم بارتفاع قيعانها عن المجرى الرئيسي ولذلك فلا تمتلئ بالمياه إلا في حالة السيول القوية أو في حالة امتلاء المجري الرئيسي وجنوحه صوب الإرساب ، ويتفاوت اتساع هذه القنوات من جزء لآخر ويتراوح اتساعها بين متر واحد وأكثر من ٥ أمتار، وإن كانت تتسم بصفة عامة بزيادة الاتساع بالاتجاه صوب قاعدة المروحة ويرجع هذا الاختلاف إلى تأثير عمليات النحت الجانبي وسهولة نحت الرواسب الأقل حجماً عند قاعدة المروحة ، (التركماني ، ١٩٩٩،ص٢٥٦).

ويبدو أن زيادة اتساع هذه المجاري وزيادة ضحولتها في الأجزاء الدنيا من المراوح هو سمة مميزة لكل مراوح المناطق الجافة وأن أختلف الاتساع والعمق من منطقة لأخرى، (El-Hussinei,1979,p.121) ، وقد أشارديني (Denny,{in Nilsen},1985,p.141) إلى أن السيول القوية في المناطق الجافة تؤدي إلى زيادة تعميق المجاري عند قمة المروحة .

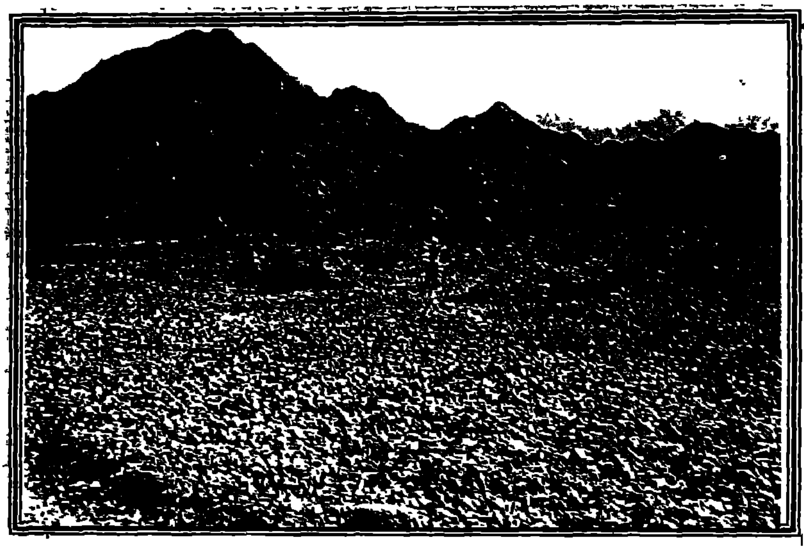
وتتسم هذه القنوات بقلة اتساعها في مراوح القسم الأدنى من الوادي الذي يتألف من الصخور النارية ، بينما يزيد اتساعها في القسم الشمالي من الوادي حيث الصخور الرسوبية، ويصل متوسط اتساع هذه المجاري لأكثر من ٢٠ متر، وعلى الرغم من زيادة اتساع هذه القنوات

صورة (٦-٤١)

المجاري المائية الرئيسية فوق أسطح المراوح الفيضية

"ناظراً صوب الجنوب الغربي"

صورة (٦-٤٢)



قنوات النحت المائي فوق سطح مروحة وادي تخيل "يتراوح عمقها بين ٥٠-٩٠ سم واتساعها ٣-٦ متر"

ناظراً صوب الشمال الشرقي"

صورة (٦-٤٣)

الرواسب العميقة في لإحدى المراوح وتظهر الرواسب الناعمة في أغلب القطاع

"ناظراً صوب الشمال الغربي"

في القسم الشمالي إلا أنها تتسم بقلة عمقها ، وربما يرجع ذلك إلى أن الجريان يكون ضعيفاً فتكون الأولوية للنحت الجانبي ، بينما في مراوح القسم الجنوبي يكون الانحدار قوياً والأودية قصيرة ومن ثم يكون الجريان قوياً ومركزاً ولذلك يزيد النحت الرأسي على النحت الجانبي.

- **الجزر الحصوية:**

توجد هذه الجزر بين القنوات المائية نتيجة لزيادة تشعب المجاري المائية المنتشرة فوق أسطح المراوح ، وتزيد هذه الجزر بالاقتراب من قاعدة المروحة ، وتأخذ هذه الجزر الشكل الطولي كما أن هذه الجزر تتألف رواسبها بصورة عامة من الرواسب الخشنة ، إذ تتألف رواسبها في مراوح القسم الجنوبي من الجلاميد والحصى ، صورة (٦-٤٤) ، بينما تتألف رواسبها في مراوح القسم الشمالي من الحصباء الحصى والرمل الخشن .

ويصل ارتفاع هذه الجزر ما بين متر ٠,٤ - ٠,٦ متر ويقل الارتفاع بالاتجاه صوب قاعدة المروحة ، وتنشأ هذه الجزر بين المجاري المائية المنتشرة فوق سطح المراوح وبالتالي فإن انتشار المجاري المائية يؤدي إلى زيادة أعداد هذه الجزر.

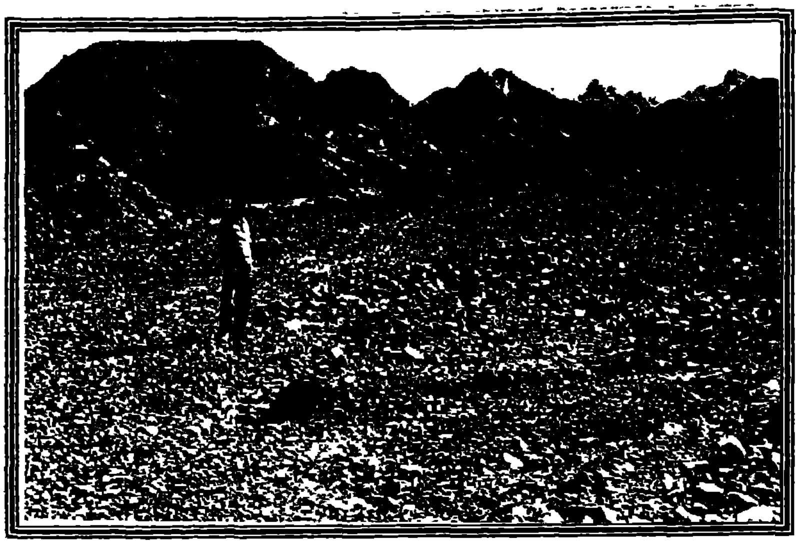
وتتعرض الرواسب المكونة لهذه الجزر لعمليات التجوية نتيجة لسيادة ظروف الجفاف الحالية ، ولكن فى حالة حدوث سيول قوية فان هذه الجزر تتعرض للتعديل وخاصة جوانبها كما أنها تتصيد الرواسب الخشنة ، لذلك فقد سجل الطالب أن هذه الجزر تتسم بارتفاع نسبة المواد الخشنة فى اتجاه رأس المروحة وقلتها بالاتجاه صوب قاعدتها.

وإذا كانت الجزر الحصوية تمثل مظهراً مميزاً لأسطح المراوح فى معظم المنطقة فقد سجل الطالب وجود بعض الجزر الصخرية فوق أسطح بعض المراوح الموجودة فى نطاق الصخور النارية ، صورة (٦-٤٥) ، وتوجد هذه الجزر على هيئة نتوءات فى قلب المراوح الفيضية ، ويتراوح ارتفاعها من ٠,٥ - ٢ متر وتتألف من الصخور الجرانيتية الصلبة ويبدو أن هذه الجزر قد قاومت عمليات التعرية والتراجع نتيجة لصلابة صخورها ، كما يدل وجود هذه الجزر على عدم اكتمال دورة التعرية لهذه المراوح ، وتأخذ هذه الجزر أبعاداً مختلفة وإن كان أهم ما يميزها عن الجزر الحصوية هو ارتفاع منسوبها واختلاف تكويناتها .

- **المدرجات :**

سجل الطالب بعض المدرجات الرسوبية عند قواعد بعض المراوح التى تتكون فى قيعان الأودية ، إذ تعمل هذه الأودية على نحت رواسب المروحة تاركة بعض المدرجات التى تدل على مستوى الجريان وشدته ، صورة (٦-٤٦) ، وتوجد هذه المدرجات على مناسيب ١,٥ - ٢متر ، وتتسم بشدة تقطعها نتيجة لوجود بعض المسيلات الصغيرة ونتيجة لطبيعة الرواسب المفككة (التى

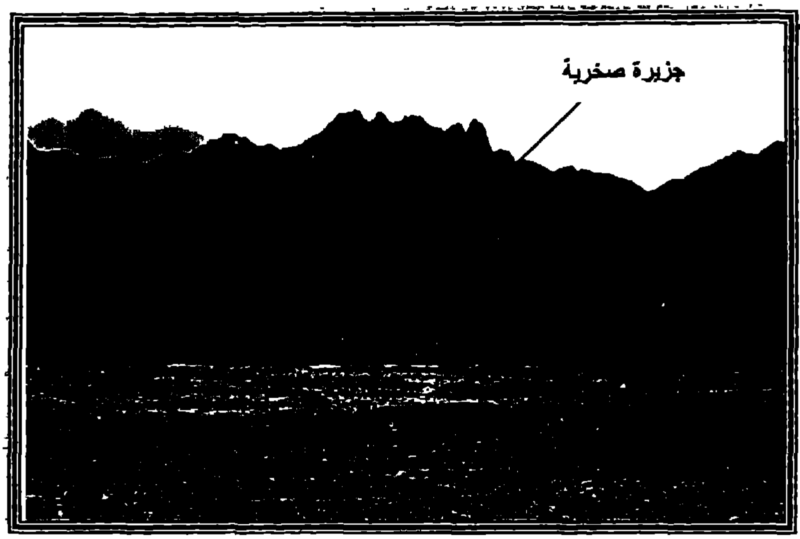
صورة (٦-٤٤)



الجزر الحصوية فوق إحدى المراوح الفيضية

ناظراً صوب الجنوب الشرقي"

صورة (٦-٤٥)



بعض الجزر الصخرية فوق مروحة وادي أبو خشيب

ناظراً صوب الجنوب الشرقي"

صورة (٦-٤٦)

أحد المدرجات عند قاعدة المروحة وقد تعرضت للتآكل

"ناظراً صوب الجنوب الشرقي"

هى فى الأصل رواسب قاعدة المروحة) من جهة أخرى ، وقد سجل الطالب مدرجين الأول على ارتفاع ٢ متر والأخر على ارتفاع ١متر ، صورة (٦-٤٧) ، ويبدو أن المدرج الأول قد تكون نتيجة لأحد السيول القوية والتي زاد خلالها منسوب المياه لأكثر من ٢ متر بينما المدرج الأسفل الأقل منسوبا قد تكون نتيجة لأحد السيول الأضعف ، ولذلك فان الطالب يعتقد أنه من الممكن أن نطلق على هذه المدرجات اسم مدرجات السيول نتيجة لطبيعة تكوينها وبيئة المراوح الفيضية التى تكونت فيها هذه المدرجات .

- **برك السيول**

تتكون هذه الظاهرة عند قواعد المراوح الفيضية الموجودة فى الجزء الخانقي من الوادي ، اد يرتفع منسوب المياه أثناء السيول القوية لأكثر من ٦ أمتار ، وتعمل هذه السيول على جرف رواسب المراوح الفيضية وخاصة عن قاعدتها بسبب وجودها فى قاع الوادي ونتيجة لطبيعة رواسبها المفككة ، ونتيجة لذلك تتكون بعض البرك والتى سجل الطالب منها نحو ٨ برك تتراوح أبعادها بين ٢٠-٤٠ متر طولا ، ١٠-٢٠ متر عرضا وبلغ عمقها ١-٣ متر ، صورة (٦-٤٨) ، وتنتشر النباتات بهذه البرك بعد جفافها (إذ أنها برك مؤقتة) وتتكون طبقة من الرواسب الطينية فوق أسطحها لا تلبث أن تتعرض للتشقق .

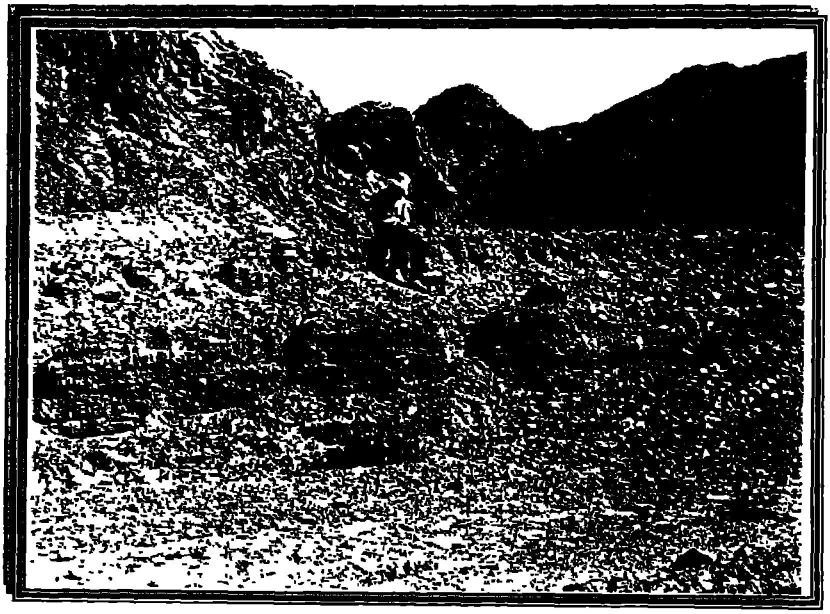
وتمثل هذه البرك مصدرا للمياه فى أعقاب السيول ، ثم ما تلبث أن تجف تاركة بعض النباتات التى تدل على قرب منسوب المياه فى هذه البرك .

٣ - نشأة المراوح الفيضية وتطورها :

أشار ديني (Denny,{in Nilsen},1985,p.137) إلى أن المراوح الفيضية عبارة عن مخاريط إرسابية تتكون عند قاعدة البيدمنت وان عملية الإرساب هى السبب الرئيسي فى تكوين المراوح الفيضية ، ولكن ذلك يتوقف على طبيعة الأراضي الجبلية المجاورة وطبيعة الجريان وشكل السطح الذي تتكون فوقه المراوح الفيضية.

وتشير معظم الدراسات التى تناولت المراوح الفيضية فى المناطق الجافة إلى أن هذه المراوح قد تكونت فى ظروف أقرب ما تكون إلى ظروف الجفاف الحالية (السعدني ، ٢٠٠٠ ، ص ٢٧٦) ، كما تشير أغلب الدراسات إلى أن المراوح الفيضية قد تكونت خلال النصف الثاني من عصر البليستوسين وخلال الفترة من مندل Mindle وحتى نهاية عصر الفورمWÜrm .

ويعتقد الطالب أن نشأة المراوح قد ارتبطت بأكثر من فترة مطيرة استمرت لفترات طويلة تم فيها ترسيب الأجزاء السفلى من المراوح وأن هذه الفترات قد شهدت تذبذب فى كمية المطر



صورة (٦-٤٧)

مدرجان من مدرجات السيول الموجودة عند قاعدة إحدى المراوح

على منسوب (٢ ، ١ متر) "ناظراً صوب الشمال الشرقي"

صورة (٦-٤٨)

بانوراما لإحدى برك السيول التي تكونت عند قاعدة إحدى المراوح القيضية "وقد انتشرت النباتات بكثرة"
ناظراً صوب الشمال الشرقي"

ويدل على ذلك وجود بعض الرواسب الخشنة التى تدل على جريان قوي وربما تكون هذه الفترات المطيرة قد حدثت خلال البليستوسين ، (جودة ، ١٩٨٩ ، ص ٢٢٤-٢٢٥) .

ويشير (صالح ، ١٩٨٩ ، ص٢٧) إلى أن المراوح الفيضية فى الجزء الأدنى من وادي وتير قد تكونت نتيجة تتابع فترات الجفاف والرطوبة وقد بلغ عدد الفترات الجافة أربع فترات تفصلها ثلاث فترات مطيرة ، وجميع هذه الفترات حدثت أثناء النصف الأخير من البليستوسين ، ويعتقد الطالب أن فترات الجفاف المذكورة لم تكن جافة تماما ، ولكن كانت تقل فيها كمية الأمطار وبالتالي تترسب بعض الرواسب الناعمة وربما تتداخل هذه الرواسب مع بعض الإرسابات الهوائية وخاصة فى الجزء الأعلى من الوادي .

وخلال الفترة الحالية تعمل السيول على جرف كميات كبيرة من الحصى والجلاميد وإلقائها فوق أسطح المراوح ، كما تعمل هذه السيول على تعميق المجاري المائية الموجودة فوق أسطح المراوح ، إلا أن العملية السائدة باستمرار هى عملية التجوية التى تعمل على تفتيت رواسب المراوح وتكسيرها إلى مفتتات صغيرة .

٤ – تحليل رواسب المراوح الفيضية :

توجد أسباب عديدة لدراسة وتحليل الرواسب من وجهة النظر الجيومورفولوجية ، وقد لخصت كنج (King,1960,Pp.273-274)، هذه الأسباب فيما يلي :

- يتضح من تحليل الرواسب المصدر الذي ترسبت به هذه الرواسب سواء كان مصدرا بحريا أو نهريا أو هوائيا وربما يكون مزيج من أكثر من مصدر .
- يسهم تحليل الرواسب في معرفة العملية Process والظروف المناخية التي كانت سائدة إبان عملية الترسيب .
- قد يساعد تحليل الرواسب في تحديد عمر هذه الرواسب وإن كان ذلك يتطلب وسائل متطورة مثل عمليات التأريخ بواسطة C14 .
- وبالنسبة لتحليل رواسب المراوح في المنطقة فإنه يسهم في فهم الظروف التي تكونت فيها هذه المراوح والعوامل التي أثرت على تطورها .

وقد قام الطالب بجمع ٢٨ عينة من رواسب المراوح الفيضية وبحيث تغطي هذه العينات الأنماط الثلاثة المذكورة للمراوح ، كما روعي أن يتم أخذ ثلاث عينات من كل مروحة من رأس المروحة ووسطها وقاعدتها ، كذلك فقد تم أخذ العينات بعيدا عن الأماكن التي تأثرت بالتدخل البشري وخاصة المراوح الجبلية في الجزء الأدنى الخانقي من الوادي ، وتم تحليل هذه العينات تحليلا ميكانيكيا لمعرفة خصائصها واستخراج المتغيرات التالية (المتوسط -الانحراف المعياري

لمعرفة طبيعة التصنيف - بالإضافة إلى الالتواء والتفلطح) اعتمادا على طريقة Mason & Folk, (1958, pp. 214-226) ، وقد استخدمت وحدة الفاي Ø لاستخدامها على ورقة الاحتمالات Probability Paper وتظهر النتائج في جدول (٦-٧) ، وشكل (٦-١٠) ، ويتضح منها ما يلي :

ترتفع نسبة المواد الخشنة (الحصى الخشن - الحصى - الرمل الخشن) في جميع عينات المراوح المختارة إذا بلغت نسبة المواد الخشنة نحو ٧٦٪ مقابل ٢٤٪ للمواد الناعمة ، وتختلف هذه النسبة من نمط لآخر، إلا أنها ترتفع بصفة عامة في نمط المراوح الجبلية والمركبة حيث تصل لأكثر من ٩٠٪ للمواد الخشنة ونحو ١٠٪ فقط للمواد الناعمة، وتقل نسبة المواد الخشنة في مراوح القسم الشمالي (المراوح المتسعة) حيث تصل لنحو ٧٥-٨٠٪ مقابل ٢٠-٢٥٪ للمواد الناعمة ، ويدل ذلك على قوة الجريان وشدته في الأجزاء الدنيا من الوادي مقارنة بالقسم الشمالي .

- تتسم قمم المراوح بارتفاع نسبة المواد الخشنة حيث تتراوح هذه النسبة بين ٩٠-٩٥٪ في المراوح الجبلية والمركبة وبين ٨٥-٩٠٪ في المراوح المتسعة في الجزء الشمالي من الوادي ، ويتفق ذلك مع أغلب الدراسات التي تناولت تحليل رواسب المراوح (Heward,{in Nilsen},1985,p.284) ، إذ تتسم المراوح بأنها رواسبها مصنفة من قمة المروحة إلى قاعدتها ، إلا أن الطالب لاحظ وجود بعض الاختلافات في المروحة الأولى والثالثة ، وهي مراوح لأودية صغيرة توجد في القسم الجنوبي من الوادي حيث تزيد نسبة المواد الخشنة في وسط المروحة ، ويعتقد الطالب أن ذلك ربما يكون ناجما عن اضطراب الجريان وخاصة أثناء السيول .
- بلغ متوسط أحجام الرواسب[1] لكل العينات نحو (-٠,٦٩ Ø) وهذا يعني أن رواسب المراوح تتألف من الحصى الناعم بصفة عامة ، وتقع مراوح النطاق الجبلي والمراوح المركبة في فئة الحصى الخشن والناعم ، بينما نجد أن عينات المراوح المتسعة في القسم الشمالي تتسم بوقوعها في فئة الرمل الخشن والحصى الناعم جدا.
- ولمعرفة تصنيف الرواسب استخدام الطالب المعايير التي اتبعها فولك وورد ، (Folk, & Ward,1957,p.13) مستخدما الانحراف المعياري[2] ويتضح من خلال الجدول التالي التي يوضح تصنيف الرواسب ما يلي :

---

(١) يستخرج المتوسط من خلال المعادلة التالية : $M = \{(Ø16 + Ø50 + Ø84) / 3\}$ حيث M تمثل متوسط أحجام الرواسب

(٢) الانحراف المعياري يستخدم لمعرفة تصنيف الرواسب ويستخرج من المعادلة التالية :
$\sigma = \{((Ø84 - Ø16) / 4) + ((Ø95 - Ø5) / 6.6)\}$ حيث σ تمثل الانحراف المعياري .

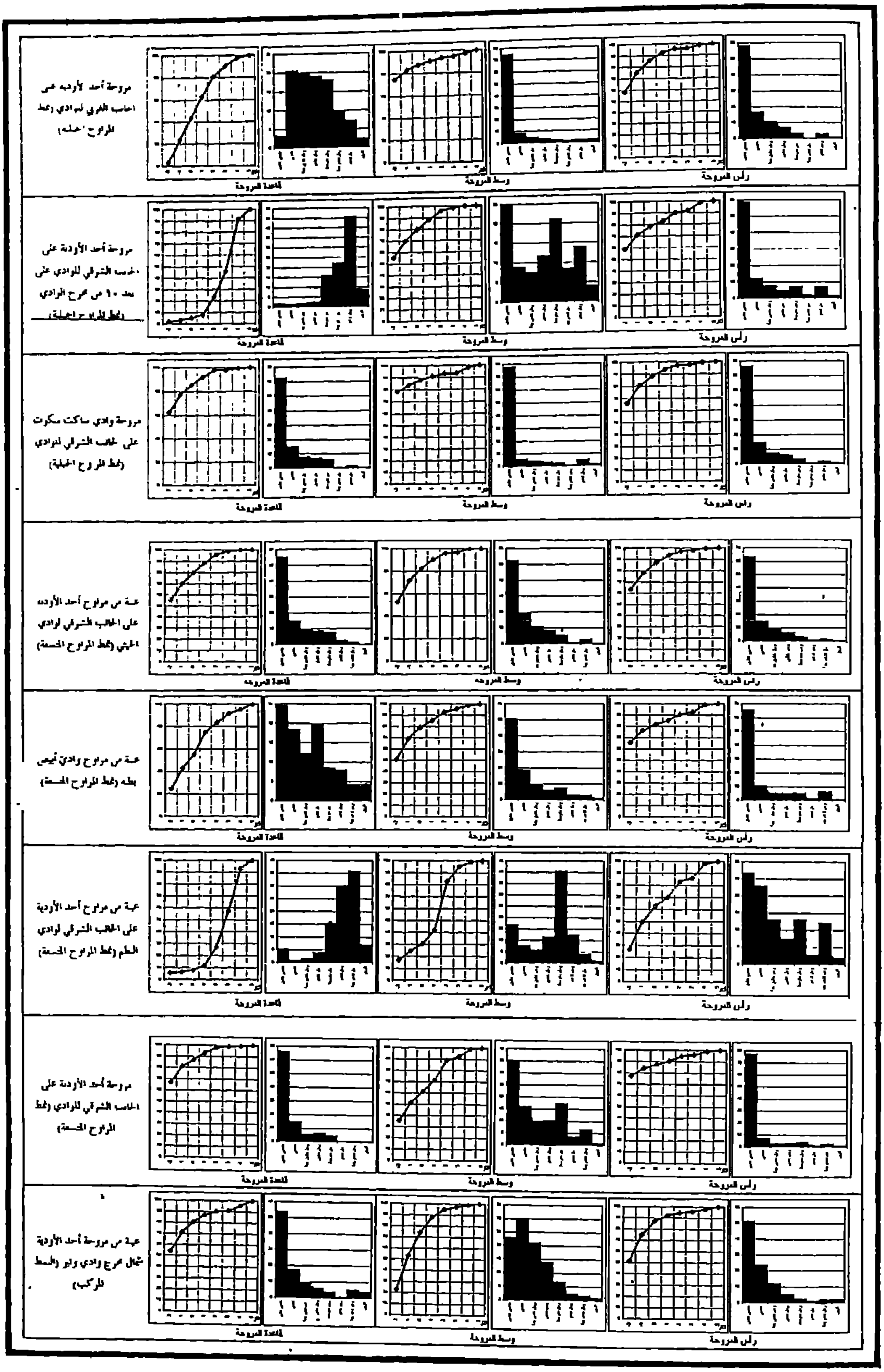
جدول رقم (٦-٧)

نتائج التحليل الميكانيكي لرواسب المراوح الفيضية

رقم المروحة	رقم العينة	حصى %	حصى %	رمل خشن جداً %	رمل خشن %	رمل متوسط %	رمل ناعم %	رمل ناعم جداً %	طين %	نسبة المواد الخشنة %	نسبة المواد الناعمة %	المتوسط	الانحراف المعياري	الالتواء	التفلطح	موقع العينة	ملاحظات
١	١	٥٨,٢	١٦,٧٣	١٠,٨٢	٦,٨٩	٣,٢٨	٠,١٦	٢,٩٥	٠,٩٨	٩٢,٦	٧,٤	١,٤٠-	١,٢٣	٢,٥٥	١,٣٦	قمة المروحة	مروحة أحد الأودية على الجانب الغربي للوادي (خط [illegible])
	٢	٧٤,٧	٨,٢٨	٤,٥٤	٣,٣٥	٢,٥٦	١,٥٨	٢,٣٧	٢,٥٦	٩٠,٩	٩,٠٧	١,٦٧-	١,٤٥	٤,٦٦	٤,٩٩	وسط المروحة	
	٣	٣,١	٢٠,٥	٢٠,٠	١٩,٠	١٨,١	٩,٦	٧,٢	٢,٤	٦٢,٧	٣٧,٣	٠,٦٠	١,٥٥	٠,٣٣	٠,٨٧	قاعدة المروحة	
٢	٤	٥٨,٦	١٢,٣	٧,٦	٤,٦	٧,٢	١,٥	٦,٨	١,٥	٨٢,٩	١٧,١	١,٠٢-	١,٦٧	٢,٣١	١,٣٢	قمة المروحة	مروحة أحد الأودية على الجانب الشرقي للوادي على بعد ١٠ من مخرج الوادي (خط [illegible])
	٥	٢٤,٦	٨,٩	٧,٥	١١,٧	٢١,٠	٨,٥	١٣,٩	٣,٩	٥٢,٧	٤٧,٣	٠,٦٠	٢,٠٩	٠,٣٢	٠,٥٧	وسط المروحة	
	٦	١,٩	١,٤	١,٩	٢,٤	١٥,٩	٢٢,١	٤٥,٧	٨,٧	٧,٧٠	٩٢,٣	٢,٨٣	١,٠٨	١,٣٣-	١,١٢	قاعدة المروحة	
٣	٧	٦٦,٢	١٤,٥	٧,٦	٥,٧	٣,٣٠	٠,٠٣	١,٨	٠,٦	٩٤	٦	١,٧٠-	٠,٩٧	٢,٨٨	١,٦٠	قمة المروحة	مروحة وادي [illegible] على الجانب الشرقي للوادي (خط [illegible])
	٨	٧٨,١	٥,٦	٤,١	٣,١	٢,٢٠	٠,٣	٥,٠	١,٦	٩٠,٩	٩,١	١,٧٥-	١,٢٧	٥,٢٦	٦,٧٩	وسط المروحة	
	٩	٦٢,٥	١٥,٠	٧,٨	٦,٨	٥,٨	٠,٠١	١,٧	٠,٣	٩٢,٢	٧,٨	١,٥٨-	١,٠٦	٢,٤١	١,١٥	قاعدة المروحة	
٤	١٠	٦٣,٤	١٤,٦	٩,١	٦,٣	٣,٥	١,٠	١,٧	٠,٣	٩٣,٤	٦,٦٠	١,٥٨-	١,٠١	٢,٦١	١,٣٥	قمة المروحة	[illegible] من مخرج أحد الأودية على الجانب الشرقي للوادي [illegible]
	١١	٥٢,٥	١٩,٦	١٠,٧	٨,٣	٥,٤	٠,٨	٣,٠	٠,٢	٩٠,٧	٩,٣	١,٣٢-	١,١٩	٢,٣٨	١,٢٤	وسط المروحة	
	١٢	٥٥,٢	١٤,٧	٩,٩٠	٨,٥	٧,٦	٢,٨	١,٤	٠,٠١	٨٨,٣	١١,٧	١,٣٣-	١,٢٧	٢,٢٠	١,٠١	قاعدة المروحة	
٥	١٣	٦٥,٦	١٠,٣	٥,٤	٣,٦	٥,٤	١,٨	٦,٧	٠,٩	٨٥,٣	١٤,٧	١,٣٧-	١,٥٢	٢,٦٦	١,٧٦	قمة المروحة	[illegible]
	١٤	٥٠,٦	١٨,٥	٩,٩٠	٦,٢	٧,٤	٣,١	٣,١	١,٢	٨٥,٢	١٤,٨	١,١٧-	١,٤٥	٢,١٢	١,٠٩	وسط المروحة	
	١٥	٢٤,٥	١٨,٤	١٢,٣	١٩,٦	٨,٦	٨,٠	٤,٣	٤,٣	٧٤,٨	٢٤,٢	٠,١٧-	١,٨٦	٠,٩٦	٠,٧٧	قاعدة المروحة	

تابع جدول رقم (٦-٧)

رقم المروحة	رقم العينة	حصى/	[illegible]	رمل خشن جداً/	رمل خشن/	رمل متوسط/	رمل ناعم/	رمل ناعم جداً/	طين/	نسبة المواد الخشنة/	نسبة المواد الناعمة/	الوسط	الانحراف المعياري	الالتواء	التفلطح	موقع العينة	الملاحظات
٦	١٦	٢٦,٦	٢٣,٩	١٣,١	٧,٥	١٣,١	٢,٨	١٢,١	١,٩	٧٠,١	٢٩,٩	٠,٢٠-	١,٨٦	١,٠٥	٠,٦٩	قمة المروحة	عينة من مراوح أحد الأودية على الجانب الشرقي لوادي [illegible] (نمط المراوح [illegible])
	١٧	١٦,٨	٧,٨	٥,٩	١١,٥	٤٠,٦	١٢,٣	٣,٩	١,١٠	٤٢	٥٨,٨	٠,٤٧	١,٧٦	٠,٠٣-	٠,٧٨	وسط المروحة	
	١٨	٥,٤	١,-	١,٦	٣,٨	١٥,٢	٣٠,٢	٣٥,٩	٧,٠	١١,٧	٨٨,٣	٢,٥٧	١,٤١	١,١٧-	١,٩٤	قاعدة المروحة	
٧	١٩	٧٧,١	٧,١	٣,٠	٣,٣٠	٤,٤٠	١,٤	٢,٧	١,١٠	٩٠,٥	٩,٥	١,٦٣-	١,١٤	٥,٢٥	٧,٣٨	قمة المروحة	مروحة أحد الأودية على الجانب الشرقي لوادي [illegible] (نمط المراوح [illegible])
	٢٠	٣٥,٢	١٦,-	٩,٩٠	١٠,٢	١٧,٥	٣,٦	٦,٦٠	٠,٩	٧١,٤	٢٨,٦	٠,٥٠-	١,٧٤	١,٢٢	٠,٦٨	وسط المروحة	
	٢١	٦٦,٤	١٤,٧	٥,٧	٦,٤	٤,٩	٠,٨	٠,٨	٠,٤	٩٣,٢	٦,٨	١,٦٠-	١,٠١	٢,٩٧	١,٨٣	قاعدة المروحة	
٨	٢٢	٥١,٢	٢٣,٧	١٢,١	٥,١	٢,٦	١,٠	٢,٠	٢,٢٠	٩٢,١	٧,٩	١,٥٥-	١,١٥	٢,٩٢	١,٦٤	قمة المروحة	عينة من مروحة أحد الأودية [illegible] وادي [illegible] ([illegible])
	٢٣	٢٣,٠	٣-,١	٢١,١	١٣,٩	٦,٧	٢,٤	١,٩	١,٠	٨٨	١٢	٠,٨٣-	١,٢٩	١,٣١	٠,٨٨	وسط المروحة	
	٢٤	٥٣,٨	١٧,٤	٩,٢	٦,٢	٣,٦	٠,٥	٥,١	٤,١	٨٦,٧	١٣,٣	١,٢٧-	١,٦١	٢,٦٠	١,٦٤	قاعدة المروحة	
المتوسط		٤٥,٦	١٤,١٦	٨,٧٨	٧,٦٦	٩,٤١	٤,٨٦	٧,٤٤	٢,٥٠	٧٦,٣	٢٣,٧	٠,٦٩-	١,٤٠	٢,٠٢	١,٨٥	تم تحليل العينات بمعمل قسم الجغرافيا بكلية الآداب بجامعة القاهرة	
الانحراف المعياري		٢٤,١	[illegible]	٤,٨٤	٤,٦٤	٨,٦٩	٧,٤٤	١٠,٨	٢,١٧	٢٤,٦	٢٤,٦	١,٢٨	٠,٣١	١,٧٠	١,٨٣		
معامل الاختلاف%		٥٣,٨	٤٩,٣٤	٥٥,٠	٦٠,٥٢	٩٢,٣	١٥٣,١	١٤٦,٠	١٠٥,٩	٣٢,٣	١٠٣,٠	١٨٥-	٢٢,٤٦	٨٤,٠٩	٩٨,٨٠		



شكل (٦-٩) المدرجات التكرارية والمنحنيات المتجمعة لرواسب المراوح الفيضية

جدول (٦-٨) **تصنيف رواسب المراوح الفيضية**

رقم المروحة	متوسط الانحراف المعياري للعينات الثلاثة	نوع التصنيف
١	١,٤١	رديء
٢	١,٦١	رديء
٣	١,١٠	رديء
٤	١,١٥	رديء
٥	١,٦٢	رديء
٦	١,٦٧	رديء
٧	١,٣٥	رديء

ويتضح من الجدول السابق أن تصنيف رواسب المراوح يتراوح بين ١,١٠ – ١,٦٧ Ø وهي بذلك تقع جميعها في فئة التصنيف الرديء أو الفقير Poorly Sorted ، وتوضح النظرة التفصيلية بعض الاختلافات بين أجزاء المروحة فالعينة التي أخذت من قمة مروحة رقم ٣ ذات انحراف معياري يبلغ ٠,٩٧ Ø أي أنها ذات تصنيف متوسط ، كذلك فقد بلغ الانحراف المعياري للعينة رقم ٥ والتي أخذت من وسط المروحة رقم (٢) نحو ٢,٠٩ Ø أي أنها ذات تصنيف رديء جدا ، وربما ترجع رداءة تصنيف الرواسب في المراوح المختارة إلى اضطراب سرعة المياه أثناء تكوين هذه المراوح ، وقد أشار (Folk, & Ward,1957,p.14) في تقييمهما للفئات التصنيفية باستخدام الانحراف المعياري إلى أن العينات التي تتكون من الرمل المتوسط والناعم فقط هي التي تكون ذات تصنيف مرتفع أما الرواسب التي تتألف من المواد الخشنة وكذلك التي تتألف من السلت والصلصال سوف تقع في فئة التصنيف الرديء والرديء جدا ، وبناءا على ذلك فلابد من استخدام معاملات إضافية لمعرفة تصنيف الرواسب.

يشير وصف منحنيات الرواسب بأنها ذات التواء[١] موجب، وتتسم جميع العينات (٢٤ عينة) بأنها ذات التواء موجب باستثناء العينة رقم ٦، والعينة رقم ١٨، وقد أخذت هاتين العينيتين من قاعدة مروحتي ٢ ، ٦ على التوالي ، ويشير الالتواء الموجب إلى قلة المواد الناعمة بينما يشير الالتواء السالب إلى قلة الحبيبات الخشنة ،(Folk,&Ward,1957,p.14).

يستخدم معامل التفلطح[٢] لقياس معدل التصنيف على كلا جانبي منحنى التوزيع مقارنة بشكل التصنيف في وسط منحنى التوزيع أو بعبارة أخرى فإنه يستخدم لمعرفة شكل منحنى التوزيع ، وقد بلغ متوسط معامل التفلطح لجميع العينات نحو ١,٨ وهو ما يشير إلى أن العينات ذات تفلطح شديد التدبب ، طبقا للفئات التي وضعها جودة وعاشور ،

---

(١) الالتواء Skewness معامل يستخرج لمعرفة مدى تماثل منحنى توزيع العينة ويستخرج من العلاقة التالية :

S = {(Ø16+ Ø84-(2* Ø50) / 2*(Ø84- Ø16)) + (Ø5+ Ø95-2*(Ø50)) / (2*(Ø95- Ø5))}

(٢) يستخرج معامل التفلطح من خلال العلاقة التالية :

Ku = ((Ø95 – Ø5) / (2.44*(Ø75 – Ø25))}

(جودة،عاشور،١٩٩١،ص٢٢١) ، بيد أن العينات تتدرج بين التفلطح الشديد والتفلطح المدبب جداً .

ونخلص من ذلك إلى أن رواسب المراوح تتسم بارتفاع نسبة المواد الخشنة بصفة عامة وتقل نسبة المواد الخشنة فى مراوح القسم الشمالي إلا أنها تزيد غالباً من ٥٠٪ ، كما تتسم هذه الرواسب بقلة استدارتها وخاصة في الجزء الجنوبي من الوادي حيث تتكون المراوح الجبلية كما تقل الاستدارة فى المراوح المركبة التى تكونت فوق دلتا وتير.

٥- المدرجات النهرية :

تنتشر بالمنطقة مجموعة من المدرجات النهرية تشير إلى أن منطقة الدراسة قد شهدت تغيرات فى كمية المطر التي كانت تتلقاها أو ربما تكون قد تأثرت بذبذبات مستوى القاعدة ، وقد اعتمدت دراسة المدرجات النهرية بصورة رئيسية على الدراسة الميدانية ، وقد اتضح أن هناك مجموعة من المدرجات على الوادي الرئيسي وروافده على ارتفاع ٣٠ – ١٥ – ٩- ٦-٣ أمتار ، وتتميز المدرجات الأقل منسوبا بانتشارها مقارنة بمدرجي ١٥-٣٠ متر الذين تعرف عليهما الطالب فى مواضع محدودة ، كما يجب أن نشير إلى أن هذه المدرجات تختفي تماما فى قاع الوادي بدءا من مخرج الوادي وحتى مسافة ٤٠كم صوب الشمال وهو القطاع الخانقي من الوادي ، إلا أن بعض المدرجات تظهر على روافد الوادي فى هذا النطاق، والمدرج الذي يشيع وجوده بالمنطقة هو مدرج ٣ متر وإن تباين منسوبه من موضع لأخر ، ولكن بصفة عامة يتراوح ارتفاعه بين ٢-٣ متر ، أما المدرجات الأعلى (٦-٩-١٥) فتوجد فى القسم الأوسط والشمالي من الوادي ، وفيما يلي لدراسة تفصيلية للمدرجات النهرية.

١ – التوزيع الجغرافي للمدرجات

أ- مدرج ٢-٣ متر

كما يتضح من الخريطة الجيومورفولوجية ، شكل (٦-١٤) ، فإن هذا المدرج أكثر المدرجات انتشارا بالمنطقة وربما يرجع ذلك إلى أن هذا المدرج هو أحدث المدرجات من حيث النشأة وبالتالي فان تأثير عوامل التعرية عليه لم يستمر لفترة طويلة ، وقد رصد الطالب هذا المدرج فى مواضع عديدة أهمها:

- وادي نخيل حيث يظهر المدرج فى الأجزاء الوسطى والدنيا من الوادي وتتراوح ارتفاعه بين ٢-٢,٥ متر ، صورة (٦-٤٩) ، بينما يتراوح عرضه بين ١٠-١٥ متر ، ويظهر هذا المدرج بوضوح على الجوانب المحدبة لثنيات الوادي حيث أن هذه الجوانب

صورة (٦-٤٩)

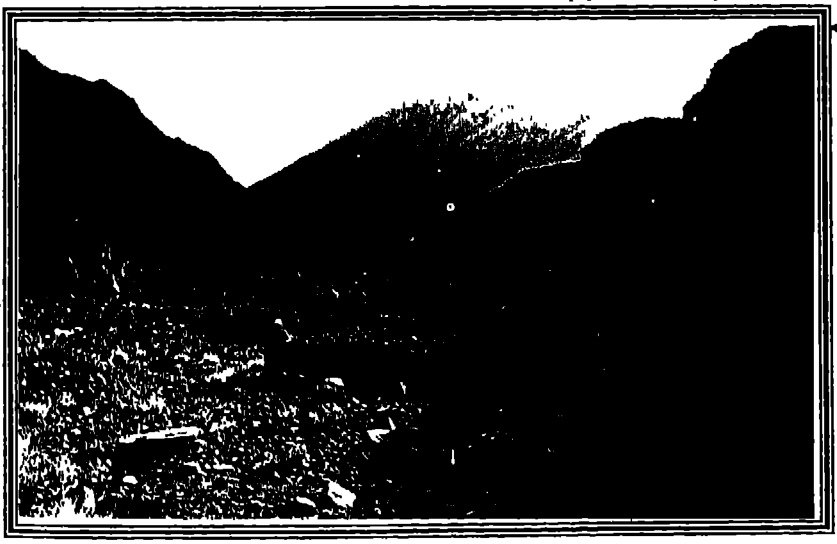
مدرج (٢-٣ متر) على الجانب الأيمن لوادي نخيل

ناظراً صوب الشمال الغربي"

صورة (٦-٥١)

رواسب مدرج (٢-٣ متر) بوادي سعدي

ناظراً صوب الجنوب الشرقي"



صورة (٦-٥٢)

مدرج (٢-٣ متر) على جوانب وادي أم الهجيج

"ناظراً صوب الجنوب الشرقي"

بعيدة نسبيا عن النحت القوي ، وتتألف رواسبه بصورة عامة من الحصى والحصباء ولكن يلاحظ وجود طبقة من الرواسب الخشنة في القسم الأعلى من المدرج مما يشير بدوره إلى فترة جريان قوى .

- وادي سعدي : يقع وادي سعدي شمال مخرج الوادي بنحو ٥٢ كم على الجانب الأيمن وهو أحد الروافد الرئيسية لوادي وتير الأعلى ، وقد سجل عليه الطالب تتابع من المدرجات على مناسيب ٣-٦-٩ متر فوق قاع الوادي ، ويتسم مدرج ٣ متر بانتشاره ، حيث يظهر على كل جانبي الوادي فى كثير من الأحيان ، صورة (٦-٥٠) ، ويتراوح ارتفاع المدرج بين ٢-٣ متر ويتألف بصفة عامة من الرواسب الناعمة والمتوسطة ،صورة (٦-٥١) ، ويتراوح اتساعه بين ١٠-١٥متر .
- وادي أم الهجيج : رصد الطالب هذا المدرج أيضا في هذا الوادي ولكن على منسوب اقل يتراوح بين ١-٢ متر ويتألف المدرج من الرواسب الخشنة ويبدو أن مصدر الرواسب التى جلبها الوادي كان له أكبر الأثر فى زيادة أحجام رواسب المدرج فى هذا الجزء ، حيث أن الوادي يجري في صخور الجرانيت والديوريت الصلبة ، كما يتسم المدرج بقلة اتساعه حيث لا يتعدى اتساعه بضعة أمتار قليلة ، صورة (٦-٥٢) .
- وبالإضافة إلى المواضع السابقة فان هذا المدرج ينتشر انتشارا كبيرا بالمنطقة حيث يوجد على جوانب وادي الزلقة وخاصة في قطاعه الأوسط المتسع ، كما يظهر بوضوح وفي أقصى اتساع له على الجوانب المحدبة للثنيات ، كذلك ينتشر هذا المدرج على جوانب وادي غزالة ، ووادي الأبرق أحد ورافد وادي نخيل وينتشر أيضا على جوانب الوادي الرئيسي شمال نقطة التقاء وادي الزلقة بوادي وتير الأعلى ، إلا أنه يتسم بظهوره على هيئة طبقات خشنة متعاقبة مع طبقات ناعمة ، ويبدو أن الجريان كان يتسم بالتذبذب أثناء تكوين هذا المدرج في القسم لشمالي من الوادي حيث سجل الطالب بعض الرواسب الهوائية التي تشير إلى وجود فترات من الجفاف تخللت الفترات التي تكونت فيها رواسب هذا المدرج .

٢- مدرج ٦ متر

ينتشر هذا المدرج في منطقة الدراسة وخاصة في قسمها الشمالي ، إلا أن هذا المدرج أقل انتشارا من سابقه ، ويتراوح ارتفاع هذا المدرج بين ٤,٥ - ٦ متر ، وقد رصد الطالب هذا المدرج في المواضع التالية:

- على جوانب وادي وتير الأعلى في القسم الشمالي من حوض التصريف حيث يتسم المدرج بظهوره على كلا جانبي الوادي وباستواء سطحه وقلة تقطعه ، كما يتسم باتساعه

صورة (٦-٥٠)

مدرج ٢-٣ متر على جانبي وادي سعدي

" ناظراً صوب الجنوب الشرقي"

الذي يتراوح بين ٨-١٢ متر ويحيط المدرج بالطريق الرئيسي ، كذلك فإن هذا المـــدرج يتألف من رواسب ذات أحجام قليلة ، صورة (٦-٥٣) .

- يظهر المدرج أيضاً على جوانب وادي لتحي الدوني ، ويمتد لمسافات طويلة لا يقطعـة أي شئ ، كما تتسم جوانبه بشدة الانحدار ، صورة (٦-٥٤) ، ويتألف بصفة عامـــة مــن الرواسب الناعمة والمتوسطة ، ويتراوح اتساعه بين ٥-٧ متر ، ولكن لم يرصده الطـالب في صورة متماثلة على كلا جانبي الوادي .
- تم رصد هذا المدرج أيضاً على جوانب وادي أم الهجيج ويتراوح ارتفاعه بيـــن ٦-٧ أمتار، وبلغ اتساعه ٥-٧ متر، ويتسم بقلة انحدار سطحه حيث تتراوح درجة الانحدار بين صفر ، ١ درجة ، صورة (٦-٥٥) .
- كما تنتشر رواسب هذا المدرج على جوانب وادي سعدي وبصورة واضحة ، وأهم مــا يميز رواسب المدرج بوادي سعدي هو استمرارية ظهور المدرج على طول الوادي دونمـا انقطاع سوى في بعض المواضع الصغيرة التي تخترقها المسيلات والأوديــة الصغـيرة ، ويتميز كذلك برواسبه الخشنة إلى المتوسطة ووجود نوع من التجانس في رواسب المدرج فلا توجد كتل كبيرة الحجم أو جلاميد ، صورة (٦-٥٦) ، مما يدل علـــى ثبـات كميـة الجريان أثناء تكوين هذا المدرج بصفة عامة في هذا القطاع .

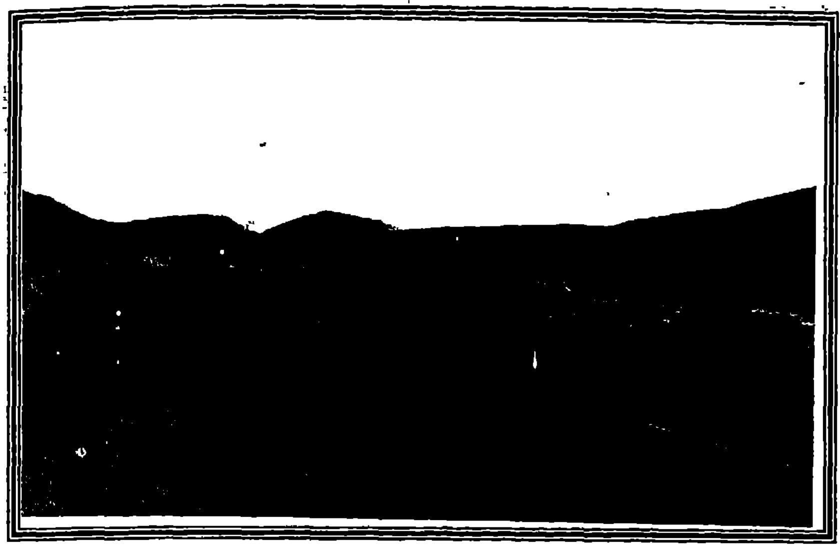
٦- مدرج ٩ متر

رصد الطالب هذا المدرج في عدة مواضع هى :

- على جوانب وادي وتير الأعلى وشمال قرية الشيخ عطية بنحو ٥كم وقد بلـغ ارتفـاع الرواسب الفيضية نحو ٨ أمتار فوق قاع الوادي ويتألف هذا المدرج مـــن قسـمين مـن الرواسب في هذا الموضع ، صورة (٦-٥٧) وهما :
  - قسم أعلى يتراوح ارتفاعه ٤-٥ أمتار ويتألف من الرواسب الفيضية.
  - قسم أسفل يتراوح ارتفاعه بين ٢-٣ ويتألف من الصخور الصلبة.

وسوف نحاول تفسير هذا التباين عند الحديث عن نشأة المدرجات ولكن ما يـهمنا فـي هذا المقام أن رواسب المدرج الفيضية توجد على ارتفاع ٨-٩ أمتار فوق قاع الوادي.

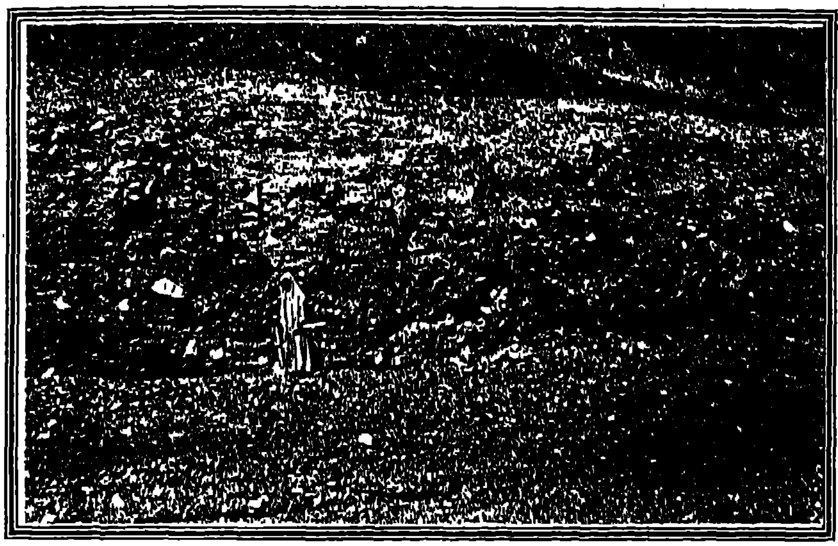
- سجل الطالب أيضاً هذا المدرج على جانبي وادي سعدي حيث يتراوح ارتفاعه بين ٨-٩ أمتار وتتألف رواسبه من الرمال الخشـــنة والمتوســطة ، وســيتم دراســة الرواسـب بالتفصيل لاحقاً ، كما يتسم بشدة انحدار جوانبه حيث أن درجة الانحدار تتراوح بيـن ٨٥-٩٠ درجة ، صورة (٦-٥٨) ، وتنتشر الشقوق بكثرة في رواسب المدرج ولذلك تتعرض



صورة (٦-٥٣)

مدرج ٦ متر على جوانب وادي رتير الأعلى

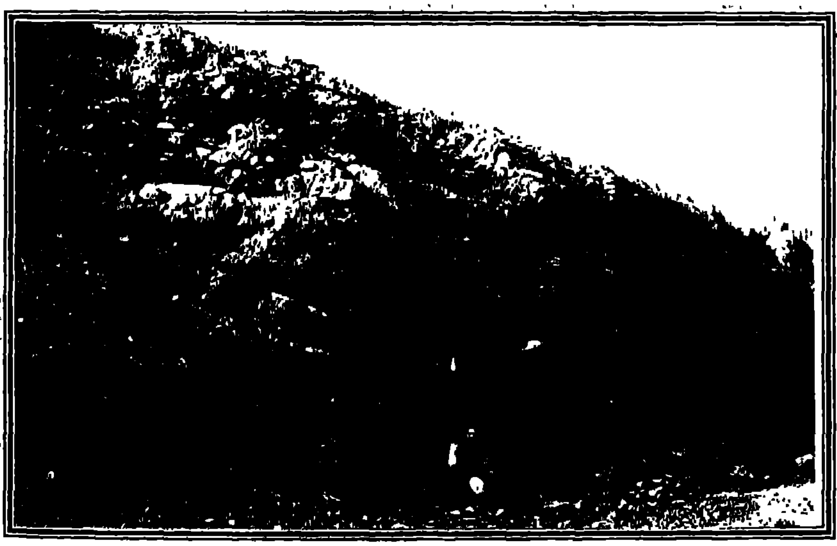
ناظراً صوب الجنوب الغربي"



صورة (٦-٥٤)

مدرج ٦ متر على جانب وادي لتحي الدوني

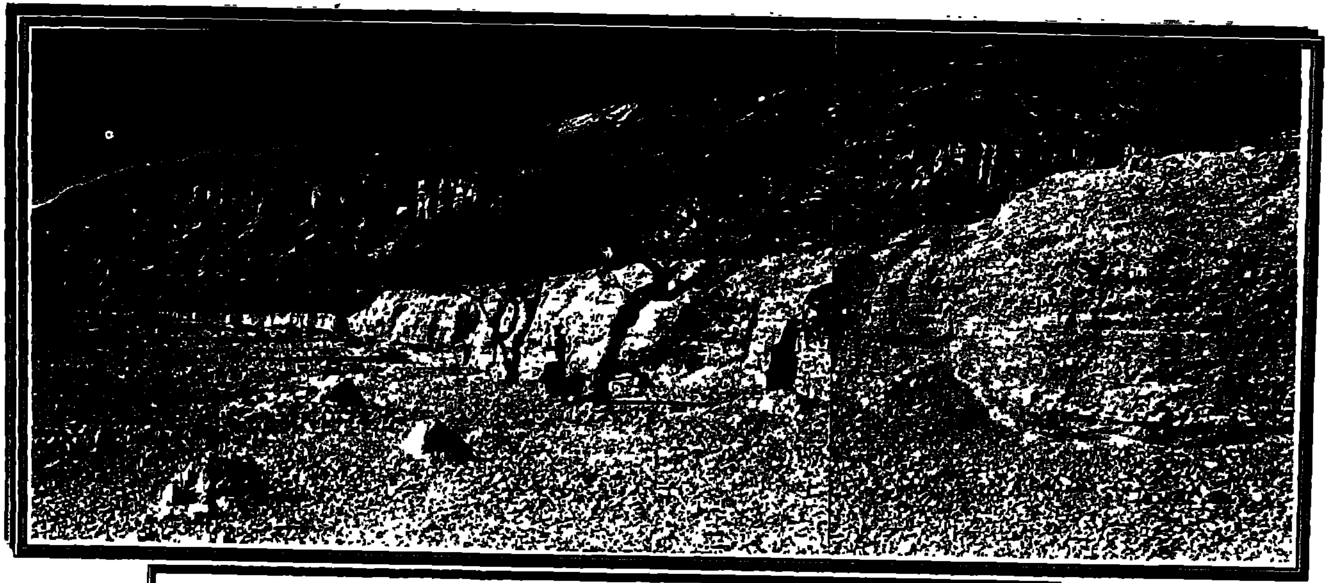
ناظراً صوب الشمال"



صورة (٦-٥٥)

مدرج ٦ متر على جوانب وادي أم المجيج

"ناظراً صوب الشمال الغربي"



صورة (٦-٥٦)

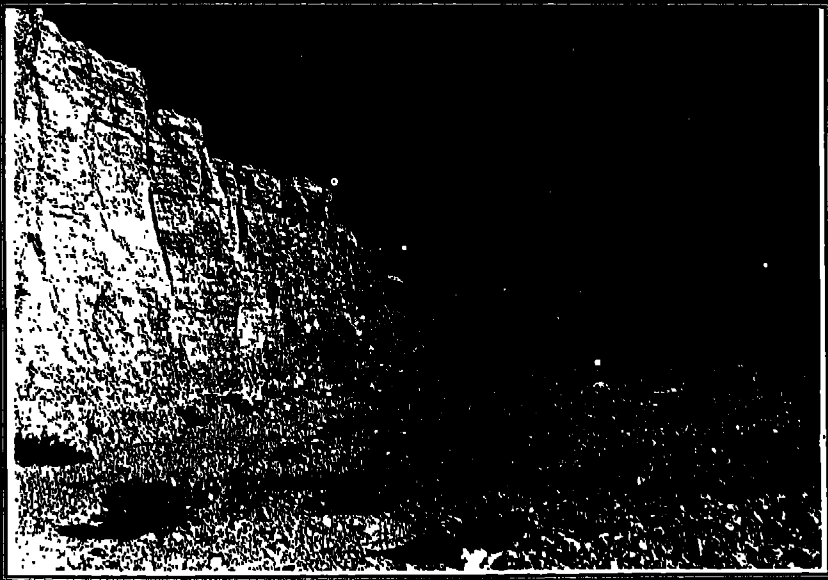
رواسب مدرج ٦ متر بوادي سعدي

" ناظراً صوب الشمال الشرقي"

صورة (٦-٥٧)

مدرج ٨-٩ متر على جوانب وادي وتير

"ناظراً صوب الشمال الشرقي"



صورة (٦-٥٨)

مدرج ٩ متر على جوانب وادي سعدي

"ناظراً صوب الشمال الغربي"

للتهدل باستمرار وتعمل السيول على نقل هذه الرواسب وإعادة ترسيبها في قاع الوادي نفسه أو عند المصب.

ب- مدرج ١٥ متر:

ويتراوح منسوب هذا المدرج بين ١٢-١٥ متر وينتشر في بعض المواضع المحدودة على جوانب الوادي الرئيسي وجوانب أودية الروافد وقد سجله الطالب في المواضع الآتية:

- على جوانب وادي وتير الأعلى وشمال مخرج الوادي بنحو ٤٥كم ومره أخرى نجد أن هذا المدرج يتألف من قسمين ، القسم الأعلى يتألف من الرواسب الفيضية التي جلبها الوادي ويتراوح ارتفاعها بين ٥-٧ أمتار وتتألف من الجلاميد والحصى وأن وجدت بعض الرواسب الناعمة ، صورة (٦-٥٩) ، وأحياناً تعمل الروافد الصغيرة على تقطيع هذه الرواسب ونحتها وربما تتكون بعض المراوح الفيضية عند أقدام المدرج ، صورة (٦-٦٠) ، أما القسم الأسفل فيتألف من الصخور الصلبة ويتراوح ارتفاعه بين ٤-٦ أمتار ويظهر في صورة جروف شديدة الانحدار.
- تم رصد هذا المدرج أيضاً على الروافد الرئيسية للوادي حيث ظهر على جوانب وادي الزلقة ، صورة (٦-٦١) ، (٦-٦٢) ، وتتراوح ارتفاعه بين ١١، ١٣ متر ، ويتألف بصورة كاملة من الرواسب الفيضية وتتسم رواسبه بالخشونة حيث يحتوي على كتل كبيرة الحجم مما يدل على قوة النهر الذي عمل على ترسيب هذا المدرج .
- وقد ظهر هذا المدرج أيضاً على جوانب وادي الصوانة وإن تألف من قسمين أيضاً القسم الأعلى يتألف من الرواسب الفيضية ، أما القسم الأسفل فيتألف من رواسب الحجر الجيري الصلبة ، ووصل ارتفاعه في هذا الموضع إلى نحو ١١ متر ، وتتسم جوانب المدرج بانحدارها الشديد ، صورة (٦-٦٣).

ج- مدرج ٣٠ متر:

هذا المدرج أقل المدرجات انتشاراً بالمنطقة ، وربما لأنه أقدمها وبالتالي أزيلت أغلب معالمه أو ربما أنه قد تكون نتيجة لظروف موضعية في بعض الأماكن ولم يتكون في المناطق الأخرى أصلاً ، وقد رصد الطالب هذا المدرج في موضعين فقط هما:

- على جوانب وادي الزلقة حيث ظهر على بعد ١٥كم من مصب الوادي في وادي وتير ووصل ارتفاعه لنحو ٢٥ متر ويُغطي بطبقة من المواد المجواه ، صورة (٦-٦٤).
- كما يوجد هذا المدرج على أحد جانبي وادي سعدي وفي موضع صغير ويتسم بشدة تقطعه، واحتوائه على طبقة من الرواسب الناعمة يتراوح سمكها ٦٠- ٨٠ سم ، صورة (٦-٦٥) ، وقد تعرض هذا المدرج لعوامل التعرية لفترات طويلة وأزالت معظم أجزائه.

صورة (٦-٥٩)

مدرج ١٥ متر على جوانب وادي وتير الأعلى وعلى بعد ٤٥ كم من مخرج الوادي
"ناظراً صوب الشمال الغربي"

صورة (٦-٦٠)

مدرج ١٥ متر على جوانب وادي وتير ويلاحظ تباين نوع الرواسب
"ناظراً صوب الشمال الغربي"

صورة (٦-٦١)

مدرج ١٥ متر بوادي الزلقة ويظهر مدرج ٢-٣ متر في الجزء الأسفل ويتألف من الرواسب الناعمة.

ناظراً صوب الشمال الغربي"

صورة (٦-٦٢)

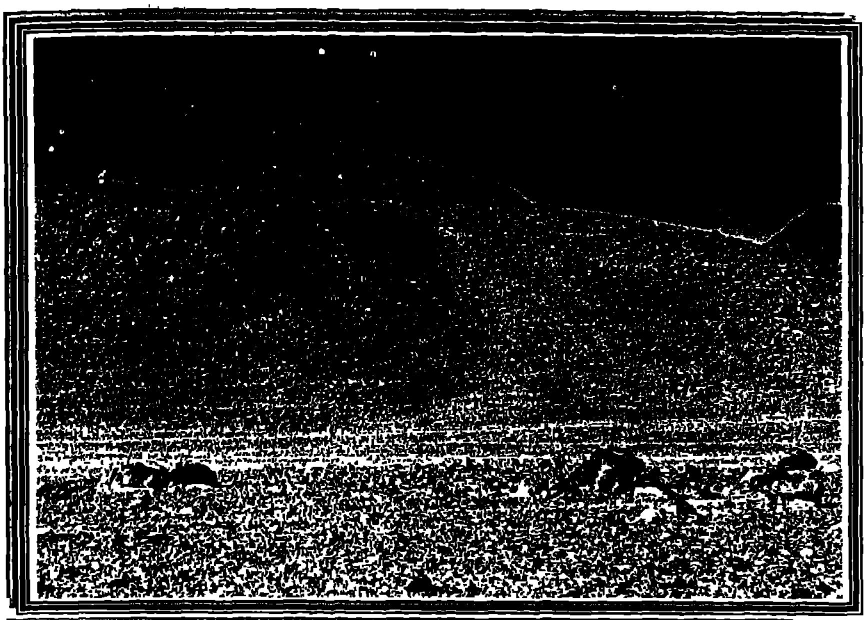
سطح مدرج ١٥ متر وتظهر الكتل كبيرة الحجم

ناظراً صوب الجنوب الغربي"

صورة (٦-٦٣)

مدرج ١٥ متر على جوانب وادي الصرالة

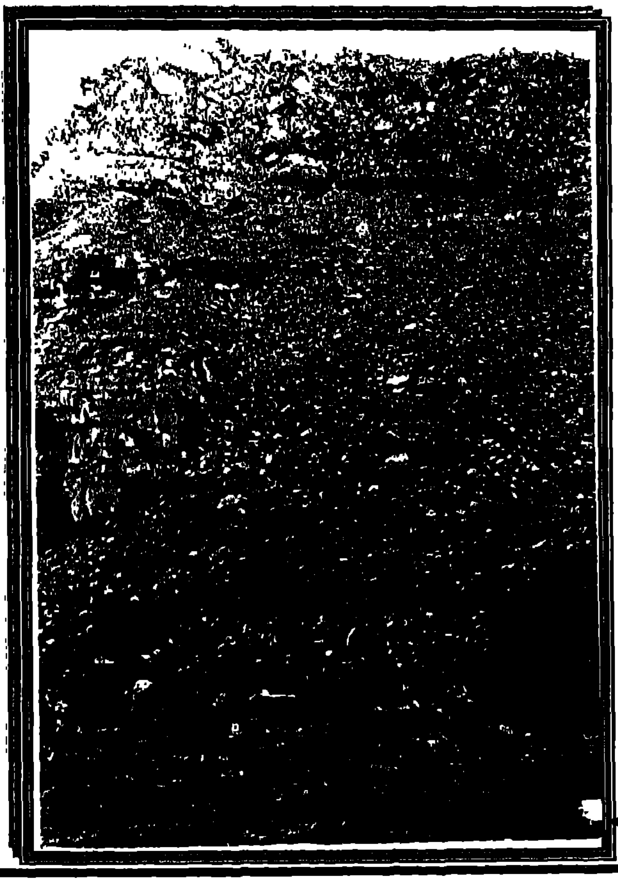
"ناظراً صوب الشمال الشرقي"



صورة (٦-٦٤)

مدرج ٣٠ متر بوادي الزلقة

"ناظرا صوب الشمال الغربي"



صورة (٦-٦٥)

مدرج ٣٠ متر بوادي سعدي "ناظرا صوب الغرب"

وقبل أن نترك المدرجات النهرية يجدر بنا أن نشير إلى أحد الأشكال الدقيقة Micro Relief التي تظهر في صورة مدرجات نهرية ، إذ سجل الطالب بعض المدرجات العرضية بمعنى أن المدرج يمتد بعرض الوادي ، وقد تم رصد هذا المدرج فوق قاع وادي ساكت سكوت حيث يمتد المدرج بعرض الوادي ولمسافة نحو ٧٥ متراً ، وبارتفاع ١-١,٥متر ، صورة (٦-٦٦) ، وترجع نشأة هذا المدرج إلى وجود رافد قوي شديد الانحدار جلب كميات من المياه والرواسب عملت على نحت قاع وادي ساكت سكوت وأدت إلى أن ظهرت رواسب قاع الوادي في صورة مدرج مستعرض ، ولا نستطيع القول بأن هذه الظاهرة مسقط مائي إذ أن ظروف نشأتها تختلف عن نشأة المساقط المائية ، وقد سجل الطالب هذه الظاهرة أيضاً في قاع وادي الزلقة ، حيث وجدت بعض المدرجات المستعرضة على ارتفاع ١-٢ متر كونتها الروافد القوية بنفس الطريقة التي سبق شرحها ، ولكن ينبغي أن نضيف بأن هذه الظاهرة كونتها السيول المتوسطة التي تحدث في الوقت الحاضر ، حيث تعمل هذه السيول على حدوث الجريان في الأودية الصغيرة بصورة أكبر من الأودية الكبيرة ، حيث تحتاج الأودية الكبيرة إلى سيول قوية وكميات كبيرة من المياه حتى تمتلئ مجاريها بالمياه وتمارس عملها الجيومورفولوجي .

٢ - تحليل رواسب المدرجات:

تم جمع ٢١ عينة من رواسب المدرجات بالمنطقة ، وقد روعي في هذه العينات أن تكون موزعة في أماكن مختلفة وعلى أعماق مختلفة ، كذلك فإن عدد العينات لكل مدرج يتناسب مع مدى انتشاره بالمنطقة فعلى سبيل المثال تم جمع ٩ عينات من مدرج ٣ متر، ٤ عينات من مدرج ٦متر، ٣ عينات من مدرج ٩ متر، ٣ عينات من مدرج ١٥ متر، وعينتان فقط من مدرج ٣٠ متر نظراً لقلة ظهوره بالمنطقة ، وتظهر نتائج تحليل الرواسب في جدول (٦-٩) وشكل (٦-١٠) ويتضح ما يلي:

تتسم رواسب المدرجات جميعها بارتفاع نسبة المواد الخشنة (حصى خشن - حصى - رمل خشن جدا - رمل خشن) إذ يبلغ متوسط نسبتها في العينات نحو ٨٣٪ وتختلف هذه النسبة من مدرج لأخر فقد بلغت ٧٩ ، ٨٥ ، ٧٦ ، ٩٠ ، ٨٩ ٪ للمدرجات ٣ ، ٦ ، ٩ ، ١٥ ، ٣٠ متر على التوالي ، ويلاحظ ارتفاع نسبة المواد الخشنة في المدرجات العليا وربما يدل ذلك على زيادة كمية الأمطار إبان ترسيب هذه المدرجات مما أدى إلى قوة الجريان ونقل رواسب كبيرة الحجم ، ولكن ينبغي أن نشير إلى تنبذب كميات الأمطار أثناء تكوين المدرجات بل أنه ربما حدثت ذبذبة في كمية الأمطار أثناء تكوين المدرج الواحد ويدل على ذلك وجود طبقات من الرواسب الناعمة في رواسب مدرج ٣ متر، صورة (٦-٦٧) ، كذلك

صورة (٦-٦٦)

أحد المدرجات العرضية بقاع وادي ساكت سكوت

" ناظراً صوب الشمال الشرقي"

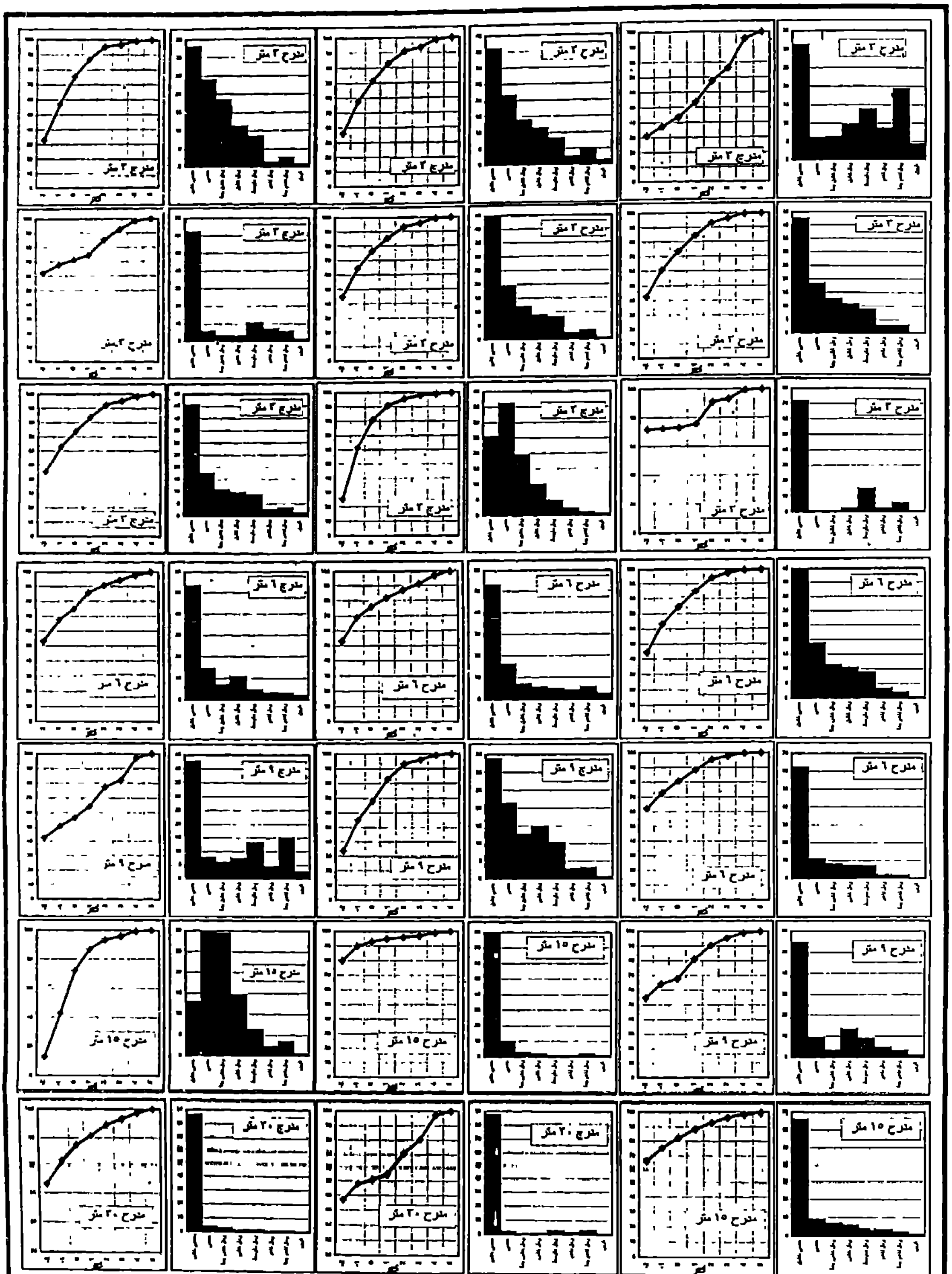
جدول رقم (٦-٩)

نتائج التحليل الميكانيكي لرواسب المدرجات النهرية

٢ – ٣ متر	١	٣١,٣	٦,١٧	٦,٤٣	٩,٧٧	١٣,٨	٨,٧٤	١٩,٢	٤,٣٧	٥٣,٧	٤٦,٢	٠,٥٣	٢,٢٢	٠,٤٧	٠,٥٤	عينة من مدرج ٣ متر على الجانب الشرقي شمال مخرج الوادي بنحو ٤٦ كم
	٢	٣٦,٠	٢١,٥٢	١٣,٩	١١,٣٩	٨,٢٣	٢,٥٣	٥,٠٦	١,٢٧	٨٢,٩	١٧,٠	٠,٥٧-	١,٥٩	١,١٣	٠,٩٢	عينة من مدرج ٣ متر على الجانب الشرقي شمال مخرج الوادي بنحو ٤٦ كم على عمق ٣,٨٩ متر
	٣	٣٣,١	٢٤,٠١	١٨,٤	١١,٣١	٨,٥١	١,٢٨	٢,٦٨	٠,٧٠	٨٦,٨	١٣,١	٠,٨٧-	١,٣٥	١,٣٢	٠,٨٦	عينة من مدرج ٢-٣متر أمام مخرج وادي المرخة في قاع وادي وتير الرئيسي
	٤	٤٢,٦	١٨,٤٤	١٢,٦	١٠,٨٠	٨,٩٤	٢,٩٨	٣,١٧	٠,٣٧	٨٤,٥	١٥,٤	٠,٨٨-	١,٥٦	١,٥٧	٠,٨٠	عينة من مدرج ٣ متر بوادي سعدي
	٥	٤٤,٨	١٩,٥٢	١١,٩	٨,٩٠	٨,٢٢	٢,٤٠	٣,٤٢	٠,٦٨	٨٥,٢	١٤,٧	٠,٩٠-	١,٥٦	١,٧٢	١,٠١	عينة من مدرج ٣-٤ متر على عمق ٥,٠ سم بوادي ساكت سكرب
	٦	٦٢,٢	٥,٧٩	٣,٣٣	٣,٣٣	١٠,٧	٧,٣٨	٥,٧٩	١,٤٥	٧٤,٦	٢٥,٣	٠,٩٣-	١,٨١	١,٧٢	٠,٧٧	عينة من مدرج ١,٥ متر عند إحدى ثنيات وادي الرتمة
	٧	٧١,٨	٠,٧٧	٠,٦٦	٢,٥٢	١٥,٣	٢,٣٠	٦,٠٢	٠,٥٥	٧٥,٨	٢٤,٢	١,٠٣-	١,٦٨	١,٧٨	٠,٧٣	عينة من مدرج ٣-٤,٥ متر عند إحدى ثنيات وادي الرتمة
	٨	٢٥,٤	٣٦,١١	١٩,٤	٩,٩٢	٤,٧٦	٢,٣٨	١,١٩	٠,٧٩	٩٠,٨	٩,١٣	١,٠٧-	١,١٩	١,٥٧	١,٠٥	عينة من مدرج ١,٥ متر بوادي ساكت سكرب
	٩	٤٥,٦	١٧,٥٧	١٠,٨	٩,٨٠	٨,٧٨	٢,٧٠	٣,٣٨	١,٣٥	٨٣,٧	١٦,٢	٠,٩٠-	١,٥٥	١,٨٥	١,٠٠	عينة من مدرج ١,٥-٢ متر بوادي سعدي
[illegible]		[illegible]	[illegible]	[illegible]	٨,٦	[illegible]	[illegible]	٥,٦	١,٣	٧٨,٨	٢٠,٣	٠,٧٤-	١,٦١	١,٤٦	٠,٨٥٠	المتوسط على ارتفاعات مختلفة
٦ متر	١٠	٤٤,٥	١٨,٨١	١١,٣	١٠,٤٠	٨,٩١	٣,٤٧	١,٩٨	٠,٥٠	٨٥,٢	١٤,٩	١,٠٧-	١,٣٦	١,٧٥	٠,٨٨	عينة من مدرج ٦ متر في وادي أبيض بعمه وعلى عمق ٥,٠ متر
	١١	٥٢,٨	١٦,٠٩	٧,١٨	٥,٧٥	٥,١٧	٤,٣١	٥,٧٥	٢,٨٧	٨١,٩	١٨,١	١,٠٢-	١,٦٨	٢,٢١	١,١٧	عينة من مدرج ٦ متر في وادي أم مسورة
	١٢	٥٣,٢	١٤,٥٣	٧,٢٦	١٠,٩٠	٤,٨٤	٣,٦٣	٣,٣٩	٢,١٨	٨٦,٠	١٤,٠	١,٠٧-	١,٥٩	٢,١٤	١,٠٦	عينة من مدرج ٦ متر في وادي سعدي
	١٣	٦٢,٢	١٠,٧٤	٧,٩٨	٧,٥٢	٧,٠٦	٢,١٥	١,٩٩	٠,٣١	٨٨,٥	١١,٥	١,٣٥-	١,٣٤	٢,٣٥	١,٤٣	عينة من مدرج ٦ أمام مخرج وادي [illegible] في قاع وادي وتير الرئيسي
المتوسط		٥٣,٢	١٥,٠	٨,٥	٨,٦	٦,٥	٣,٤	٣,٣٠	١,٥	٨٥,٤	١٤,٦	١,١٥-	١,٤٩	٢,١١	١,١٤	

تابع جدول رقم (٦-٩)

[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
٩ متر	١٤	٣٣,٨	٢١,٣٥	١٢,٨	١٤,٩٥	١٠,٣	٢,٨٥	٣,٢٠	٠,٧١	٨٢,٩	١٧,١	٠,٧٣-	١,٥٣	١,٣٤	٠,٧٦	عينة من مدرج ٩ متر عند الكيلو ٤٢ كم من مخرج الوادي على عمق ٧ متر
	١٥	٤٢,٧	٧,٨٨	٦,٠٦	٧,٥٨	١٣,٣	٤,٥٥	١٥.١	٢,٧٣	٦٤,٣	٣٥,٨	٠,٠٣-	٢,١١	١,٠٦	٠,٦١	عينة من مدرج ٩ متر عند الكيلو ٤٢ كم من مخرج الوادي على السطح
	١٦	٥٤,٦	٩,٥٧	٣,٤٢	١٣,٦٧	٩,١١	٥,٠١	٣,٤٢	١,١٤	٨١,٣	١٨,٧	١,٠٣-	١,٦٢	١,٧٩	٠,٧٥	عينة من مدرج ٩ متر عند الوادي على السطح
المتوسط		[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
١٥ متر	١٧	٨٠,٠	١٠,٠٠	٣,٠٠	٢,٠٠	١,٠٠	١,٠٠	٢,٠٠	١,٠٠	٩٥,٠	٥,٠	٢,١٣-	٠,٧٧	٥,٦٧	٧,٩٩	عينة من مدرج ١٥ متر في وادي أبيض بطنه
	١٨	١٢,٩	٣٠,٠٠	٢٩,٤	١٤,٧١	٦,٤٧	٢,٣٥	٣,٥٣	٠,٥٩	٨٧.١	١٢,٩	٠,٦٠-	١,٣٣	١,٢٥	١,١٢	عينة من مدرج ١٥ متر في وادي أبيض بطنه على عمق ٦ متر
	١٩	٦٦,٢	٩,١٧	٧,١٣	٥,٩٤	٤,٢٤	٣,٥٧	٢,٣٨	١,٣٦	٨٨,٥	١١,٦	١,٣٧-	١,٤١	٢,٥٣	١,٦١	عينة من مدرج ١٥ متر بوادي وبو
المتوسط		٥٣	١٦,٤	١٤,٢	٧,٦	٣,٩	٢,٣	٢,٦	١,٠	٩٠,٢	٩,٨	١,٣٧-	١,١٧	٣,١٥	٣,٥٧	
٣٠ متر	٢٠	٨٧,٤	٢,٢٣	٠,٥٦	٠,٨٤	٣,٠٦	١,٩٥	٣,٣٤	٠,٥٦	٨٩,٣	١٠,٧	٢,٢٥-	٠,٨٨	٨,٨١	٦,٩٦	عينة من مدرج ٣٠ متر شمال الشيخ عطية بحو ٢ كم على الجانب الغربي
	٢١	٨٦,٦	٤,١٢	٣,٠٩	١,٦٥	١,٨٦	١,٠٣	١,٠٣	٠,٦٢	٨٩,٧	١٠,٣	٢,٣١-	٠,٦٦	٦,٧٩	٣,٥٩	عينة من مدرج ٣٠ متر بوادي مرتفة
المتوسط		٨٧	٣,٢	١,٨	١,٢	٢,٥	١,٥	٢,٢٠	٠,٦٠	٨٩,٥	١٠,٥	١,٩٨-	٠,٩٠	٦,٢٥	٤,٧١	
[illegible]		[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	تم تحليل العينات بمعمل التربة بقسم الجغرافيا بكلية الآداب بجامعة القاهرة
[illegible]		[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	
[illegible]		[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	



شكل (٦-١١)

المدرجات التكرارية والمنحنيات المتجمعة لرواسب المدرجات النهرية

فإنه فمن المحتمل انقطاع الجريان أثناء ترسيب بعض المدرجات وقد تكونت بعض الإرسابات الهوائية ضمن رواسب مدرج ٢-٣ متر ، (صورة (٦-٦٧) ،.ولكن لابد من القول إلى أن المنطقة التي تكونت فيها هذه الإرسابات الهوائية مكشوفة لفعل الرياح ، وربما تكون هذه الفترات الجافة قد حدثت في أماكن أخرى من المنطقة ولكن لم تترك خلفها إرسابات هوائية لقلة تأثير الرياح أو لعدم وجود مصدر للرمال .

ترتفع نسبة الحصى الخشن والحصى إذا يبلغ متوسط نسبتهما في العينات نحو ٦٠٪ وإن كانت هذه النسبة ترتفع في بعض العينات لأكثر من ٩٠٪ ، وترتفع هذه النسبة في العينات التي أخذت على أعماق كبيرة وإن كانت هذه النسبة تزيد بصفة عامة في رواسب مدرج ٣٠متر وتقل في المدرجات الأقل منسوبا.

تنخفض نسبة المواد الناعمة (رمل متوسط – رمل ناعم – رمل ناعم جدا – غرين) بصورة واضحة في كل العينات حيث بلغت نسبتها على مستوى كل العينات نحو ١٦٪ فقط ولكنها تقل بوضوح في رواسب المدرجات العليا حيث بلغت نسبتها في مدرجي ٣٠،١٥ متر نحو ٩,٨ – ١٠,٥٪ على التوالي ، وتزيد المواد الناعمة نسبيا في المدرجات الأقل منسوبا إذ بلغت نسبتها ٢٠,٢ – ٢٣,٨٪ في مدرجي ٩،٣ متر على التوالي ، وهذا يعضد ما سبق أن ذكرناه من أن الجريان كان قوي بصفة عام أثناء تكوين المدرجات ، وربما يرجع ذلك أيضا إلى أن الرواسب لم تقطع مسافة كبيرة تسمح بتقليل أحجامها .

يتضح من خلال دراسة متوسط أحجام الرواسب أن رواسب المدرجات تتسم بحشونتها حيث بلغ متوسط أحجام الرواسب ، -١,٠٣ Ø ، أي أن العينات تقع في فئة الرمل الخشن جدا ، وقد تبين ازدياد متوسط أحجام الرواسب في مدرجي ٣٠،١٥ متر إذ بلغ متوسط الرواسب -١,٣٧، -١,٩٨ Ø على التوالي ،وتسجل بعض العينات التي أخذت من مدرج ٣ متر متوسطا منخفضا حيث بلغ متوسط حجم الرواسب في العينة رقم (١) نحو ٠,٥٣ ، أي أنها تقع في فئة الرمل الخشن ، وربما يرجع ذلك كما أشرنا من قبل إلى ضعف الجريان أثناء تكوين هذه الرواسب .

تبين من دراسة تصنيف الرواسب أنها ذات تصنيف رديء ، حيث بلغ الإنحراف المعياري للعينات نحو ١,٣٧، وقد سجلت جميع المدرجات تصنيفا رديئا ، إلا أن هناك بعض العينات التي سجلت تصنيفا متوسطا حيث سجلت العينة ١٧ (مدرج ١٥متر) تصنيفا متوسطا، وقد سجلت جميع عينات مدرج ٣٠متر تصنيفا متوسطا ، وربما ترجع رداه تصنيف الرواسب في المدرجات الدنيا (٣-٦-٩ متر) إلى اضطراب سرعة المياه أثناء ترسيب هذه المدرجات، بينما نجد أن المياه ربما تكون قد تميزت بالانتظام أثناء عملية ترسيب مدرج ٣٠ متر.

صورة (٦-٦٧)

تعاقب الإرسابات الهوائية مع الرواسب الفيضية في قطاع من مدرج ٢-٣ متر
الناتج عن السيول الحديثة "ناظرا صوب الجنوب الغربي"

صورة (٦-٦٨)

التتابع الطباقي لرواسب مدرج ٢-٣ متر
بوادي الزلقة "ناظرا صوب الشمال الغربي"

يشير وصف منحنيات توزيع الرواسب بأنها ذات التواء موجب جداً وأنه كانت هنـاك بعض العينات ذات التواء موجب مثل العينة الأولى .

ولدراسة تفلطح العينات وكما يتضح من خلال الجدول التالي تبين ما يلي :

جدول (٦-١٠) **قيم تفلطح عينات المدرجات النهرية**

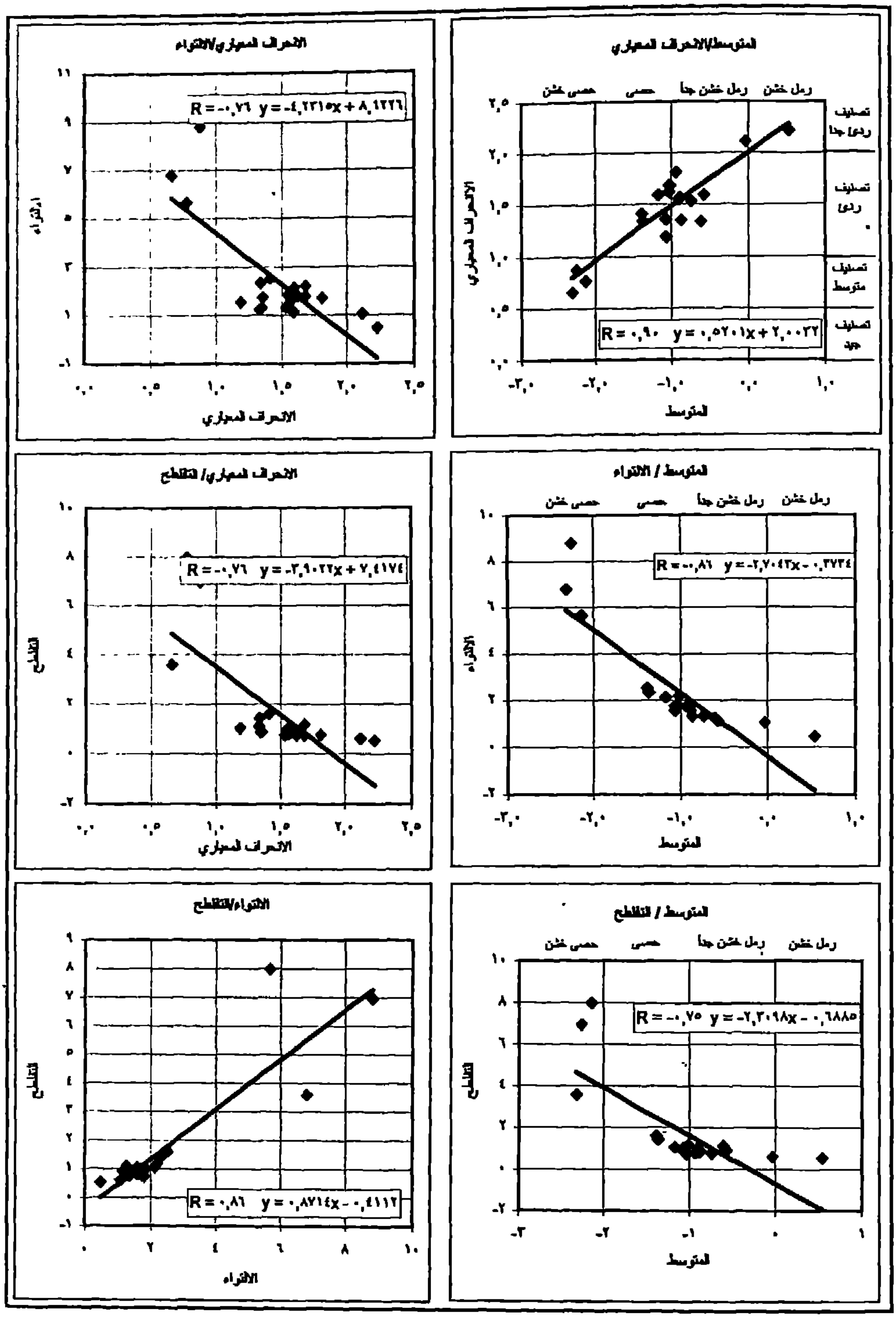
المدرج (متر)	قيمة التفلطح	الوصف
٣	٠,٨٥	مفلطح
٦	١,١٤	تفلطح مدبب
٩	٠,٧١	مفلطح
١٥	٣,٥٧	تفلطح شديد التدبب
٣٠	٤,٧١	تفلطح شديد التدبب

يتضح من الجدول أن الرواسب تتدرج بين التفاطح شديد التدبـب والمفلطـح ولكـن النظرة التفضيلية توضح أن هناك بعض العينات ذات تفلطح شـديد مثـل العينـة رقـم (١) المأخوذة من مدرج ٣ متر، والعينة رقم (١٥) المأخوذة من مدرج ٩متر.

٣ - العلاقات بين المعاملات الإحصائية لرواسب المدرجات.

في محاولة للتعرف على بيئة الإرساب والعوامل التي أثرت على عملية الترسيب فقـد تم حساب جميع العلاقات ومعاملات الارتباط بين المعاملات الإحصائية التـي تـم حسـابها (المتوسط – الانحراف المعياري – الالتواء – التفلطح) ، ويوضح شكل (٦-١١) العلاقـات بين المعاملات المذكورة ويتضح ما يلي:

- بلغت قيمة الارتباط بين متوسط أحجام الرواسب ودرجة تصنيفها ٠,٩٠ هـي علاقـة قوية، وكما يتضح من الشكل أن أغلب العينات تميل حبيباتها إلى أحجام الحصى والرمـل الخشن جداً وأنها ذات تصنيف رديء بصفة عامة ، ونستنتج من هذا اضطراب الجريـان أثناء تكوين المدرجات ، كما أن هذه الرواسب لم تقطع مسافة كبيرة بين البيئة التي نقلـت منها والبيئة التي أرسبت فيها.
- وقد بلغت قيمة الارتباط بين متوسط أحجـام الرواسـب ودرجـة التوائـها -٠,٨٦ ويتضح أنه كلما زادت أحجام الرواسب كانت ذات التواء موجباً، وكلمـا قلـت أحجامـها كانت ذات التواء سالباً، وتتسم رواسب المدرجات بأنها ذات التواء موجب إلى موجب جـداً نتيجة لارتفاع متوسط أحجامها.



شكل (٦-١١) العلاقات بين المعاملات الاحصائية لرواسب المدرجات النهرية

- وجاءت العلاقة سالبة بين متوسط أحجام الرواسب ودرجة تفلطحها إذ بلغت قيمة الارتباط - ٠,٧٥ ، وبصفة عامة يتضح أنه كلما زادت أحجام الرواسب مال شكل المنحنى للتفلطح .
- أما العلاقة بين تصنيف الرواسب (الانحراف المعياري) والالتواء فقد جاءت سالبة وبلغت قيمة الارتباط - ٠,٧٦ ، ويتضح من الشكل أن أغلب العينات ذات تصنيف رديء والتواء موجب إلى موجب جدا .
- وجاءت العلاقة سالبة بين الانحراف المعياري والتفلطح إذ بلغت قيمة الارتباط - ٠,٧٦ ، ويتبين من الشكل أن الرواسب تميل إلى التفلطح المدبب كلما كانت رديئة التصنيف.
- أما العلاقة بين الالتواء والتفلطح فجاءت موجبة وبلغت ٠,٨٦ ، وتركزت أغلب العينات في الركن الجنوبي الغربي من الشكل ، مما يدل على أنها ذات التواء موجب وتفطلح مدبب إلى شديد التدبب .

<u>ويتضح من خلال تحليل عينات رواسب المدرجات ما يلي:</u>

١ - يعد حجم الرواسب دليلا على شكل الجريان وسرعته ومن ثم التعرف على الظروف المناخية التي كانت سائدة إبان تكوين هذه المدرجات ، وقد اتضح أن أغلب العينات ذات رواسب خشنة مما قد يوحي إلى أنها تكونت في بيئة سريعة الجريان ولكن أتضح أن رواسب مدرجي ١٥ ، ٣٠ متر أكثر خشونة من بقية المدرجات مما يدل على قوة الجريان واختلاف الظروف المناخية أثناء تكوين المدرجات الأعلى منسوبا.

على الرغم من تأثير ذبذبات سطح البحر البليستوسين على تكوين المدرجات إلا أنه لا يمكن إغفال تأثير التغيرات المناخية والعوامل التكتونية في نشأة المدرجات وظهورها على المناسيب الموجودة عليها في الوقت الحاضر.

٤ - نشأة المدرجات النهرية:

تعد دراسة نشأة المدرجات النهرية من الموضوعات المحفوفة بالمخاطر ، نظرا لأن **الباحث يحاول استقراء الماضي والظروف التي كانت سائدة ، وهي عملية ليست هينة نظرا** لتداخل العوامل وتشابكها إلى جانب أن اختلاف العوامل والعمليات قد يؤدي إلى نشأة نفس الظاهرة ، ولذلك من ثم فمن الصعب التأكيد على أن نشأة المدرجات النهرية قد نشأت بفعل عامل واحد ، ولكن في كل الأحوال فإن نشأة المدرجات النهرية تخضع لثلاثة عوامل وهي:

١- <u>الحركات التكتونية</u> التي قد تعمل على هبوط مستوى القاعدة وبالتالي جنوح الأودية للنحت ومن ثم ظهور المدرجات النهرية ، ولكن قد يظهر دور العوامل التكتونية في هبوط

قيعان الأودية نفسها نتيجة لبعض الإنكسارات ومن ثم تظهر الرواسب التي تركها النهر على جانبيه في صورة مدرجات قسمها الأعلى يتألف من الرواسب الفيضية وصخور الأساس وقسمها الأسفل يمثل الرميات العليا لهذه الإنكسارات وهو ما ظهر في مدرجي ٦-١٥ متر كما سبق وأشرنا.

٢ - **التغيرات المناخية:**

أشار (الحسيني ، ١٩٧٥، ص ٣٧٤ - ٣٧٦) إلى أن المدرجات النهرية قد تعزى في بعض الأماكن للتغيرات المناخية ، وتعاقب فترات المطر والجفاف حيث تؤثر كمية الأمطار على كمية الجريان وكمية وحجم الحمولة التي ينقلها النهر ويضيف بأن عمليات النحت تحدث أثناء التحول من الفترات الجافة إلى الفترات المطيرة التي تليها، وتنشط عمليات الإرساب عقب تدهور كميات المطر واتجاه المناخ نحو الجفاف، حيث تترسب الحمولة الخشنة أولاً ثم الحمولة الأقل حجماً ، وقد وجد (El_Hussinei, 1968,Pp. 128–130) أن هناك تناقصاً في أحجام رواسب المدرجات من الأقدم إلى الأحدث في منطقة ثنية قنا ، وأن هذا التناقص يعزي إلى تناقص كمية الأمطار في هذه المنطقة ، وقد سجلت نفس هذه الظاهرة على مدرجات الروافد الشرقية لوادي النيل وبخاصة وادي قنا ، (ميرغني ، ١٩٨١ ، ص١٢١) .

٣- **ذبذبات سطح البحر (التغيرات الإيوستاتية):**

تأثر منسوب سطح البحر خلال عصر البليستوسين بالعصور الجليدية التي شهدت تراجع منسوب سطح البحر وجنوح الأنهار إلى النحت ومن ثم ظهور المدرجات النهرية ، أما الفترات بين الجليدية فكانت تشهد ذوبان الجليد وارتفاع منسوب سطح البحر وجنوح الأنهار إلى الإرساب ، هذا كقاعدة عامة ولكن ينبغي ألا أن نغفل تأثير الفترات المطيرة على عمليات النحت والإرساب وخاصة في الأماكن التي كانت بعيده عن تأثير تذبذب منسوب سطح البحر، وقد حاولت دراسات كثيرة الربط بين حدوث الفترات الجليدية والفترات الجافة وكذلك بين الفترات بين الجليدية والفترات المطيرة ، ولكن الدراسات الحديثة قد أكدت أنه ليس شرطا أن تتزامن الفترات الجليدية مع الفترات الجافة وكذلك الفترات بين الجليدية والفترات المطيرة ،

وبالإضافة إلى ذلك فينبغي أن نأخذ في الاعتبار الاختلافات المكانية خلال الفترة الواحدة ، فربما كانت منطقة تشهد فترة مطيرة لظروف موضعية ومنطقة أخرى لا تستقبل نفس كمية الأمطار.

<u>وبالنسبة لمدرجات وادي وتير وفي محاولة لتفسير نشأتها نذكر الحقائق التالية:</u>

- لم يسجل الطالب أية شواطئ مرتفعة على النطاق الساحلي ونقصد دلتا وادي وتير وهي دلتا متسعة تبلغ مساحتها نحو ٢٤كم^2 ، كذلك فإن الدراسات التي تمت على خليج

العقبة لم تسجل أية شواطئ بحرية مرتفعة فوق سطح الدلتا ، (التركماني، ١٩٨٧، ص١٣٩) ، وربما يرجع عدم تكون هذه المدرجات البحرية إلى ارتفاع المنطقة وربما تكون قد دفنت تحت الرواسب الدلتاوية.

- لم يسجل الطالب أية مدرجات رسوبية على الوادي الرئيسي ابتداءً من مخرج الوادي ولمسافة نحو ٤٠كم صوب المنبع ، بينما سجل الطالب بعض المدرجات النهرية على روافد الوادي في هذا القطاع .

سجلت المدرجات على جوانب الوادي الرئيسي في القسم الشمالي وخاصة مدرجات ٣-٦-٩ أمتار.

- سجلت المدرجات بصورة واضحة على جوانب الأودية مثل مدرجات وادي الزلقة والصوانة وأبيض بطنه وكانت تتسم بنوع من الانتظام والاستمرارية.
- تباينت مناسيب المدرجات من موضع لأخر ، فعلى سبيل المثال فإن مدرج ٣ متر رصد على ارتفاع ٢ متر وأحياناً أخرى على منسوب ٤ متر، وأن تشابه في الخصائص العامة لرواسبه .
- أظهر تحليل رواسب المدرجات أن رواسبها تشير إلى اختلاف في شكل الجريان الذي نتج عنه تباين في الطبقات المؤلفة للمدرج الواحد .

وبناء على ما سبق فإن الطالب يعتقد أن المدرجات في القسم الشمالي والروافد الرئيسية إنما هي نتاج للتغيرات المناخية وخاصة تباين كميات الأمطار من فترة إلى أخرى بل يمكننا القول بأن الفترة الواحدة لم تكن منتظمة الأمطار على كل أرجاء الحوض فكانت بعض المناطق تشهد فترات مطيرة وتجلب كميات كبيرة من الجلاميد والحصى وفي مناطق أخرى كانت تنقل الحمولة الأقل حجماً بسبب قلة كميات الأمطار .

ويمكن القول بأن مدرجات المنطقة قد تأثرت بالفترتين المطيرتين اللتين أشار لهما (تراب،١٩٨٨،ص٢٤٦) ، وهاتين الفترتين تعاصران الفترتين الجليديتين ريس وفيرم وينتمي إليهما المدرجان ٣٠ ، ١٥ متر ، أما المدرجات الأقل منسوبا فيبدو أنهما ينتميان إلى الفترات المطيرة التي حدثت خلال الهولوسين (جودة،١٩٨٩،ص٢٢٦) ، وقد أشار (ميرغني،١٩٨١،ص٩٦) ، إلى مدرجي ٩ ، ٣ متر في منطقة قنا ينتميان إلى الفترة المطيرة خلال الهولوسين .

وعلى الرغم تحكم التغيرات المناخية في نشأة المدرجات فلا يمكن أن نغفل تأثير العاملين الآخرين ، فقد تأثرت بعض مدرجات الأودية التي تصب في الجزء الأدنى من الوادي (مثل وادي الصعدة البيضاء) بذبذبات سطح البحر خلال البليستوسين، فقد سجلت إحدى الدراسات وجود بعض المدرجات الإيوستاتية على منسوب ٨٤ متر ، (الأنصاري،

٢٠٠٠ ، ص٢٨٠) إلا أن هذه الدراسات تحتاج لمزيد من التحليل حتى يتم التثبت من كون هذه المدرجات نشأت نتيجة لذبذبات منسوب سطح الحجر أو أنها مدرجات تكتونية تأثرت بالإنكسارات التي شهدتها المنطقة ، وكما سبق وأشرنا فإن العوامل التكتونية قد أثرت في تكوين ونشأة المدرجات النهرية، فقد أدت بعض الإنكسارات إلى ظهور الرواسب الفيضية على جانبي الوادي وأسفلها الصخور الصلبة سواء كانت نارية أم رسوبية ، وجدير بالذكر أن منطقة الدراسة مازالت نشطة تكتونياً حتى الآن ويدل على ذلك الهزات الأرضية العديدة التي تشهدها المنطقة حتى الآن .

وبناءاً على ما سبق فإنه من المحتمل أن التغيرات المناخية كانت هي المسئولة بصورة كبيرة عن تكوين ونشأة المدرجات النهرية في أغلب أرجاء الوادي وروافده وأنه من المحتمل أيضا أن بعض الروافد في القطاع الأدنى من الوادي قد تأثرت بذبذبات سطح البحر ولكن ذلك يحتاج لمزيد من الدراسات التأريخية ، كذلك فإن العوامل التكتونية، ربما تكون قد تدخلت في ظهور بعض المدرجات على ارتفاعات أكبر من سمك الرواسب التي ألقاها النهر على جانبيه.

و - دلتا وادي وتير :

تهدف هذه الدراسة إلى التعرف على أهم السمات الجيومورفولوجية لدلتا الوادي إذ أنها تعد أهم ملمح رسوبي في حوض التصريف وسوف يتم معالجة دلتا وتير من خلال تناول العناصر الآتية.

١-الأبعاد المورفومترية للدلتا :

تبلغ مساحة دلتا وتير نحو ٢٤,٩كم^{2}، وهي بذلك تعد ثاني أكبر دلتا على خليج العقبة بعد دلتا وادي كيد ٣٦,٨٩كم^{2} ، (التركماني، ١٩٨٧، ص١٦٩) ، وذلك على الرغم من أن حوض وادي وتير يعد أكبر الأحواض التي تصب في خليج العقبة ، وتتسم دلتا الوادي بصغر مساحتها مقارنة ببعض دالات الأودية الأخرى ، فقد بلغت مساحتها أقل من ثلث مساحة دلتا وادي فيران (٨٢,٧كم^{2}) ، ربما يرجع ذلك إلى طبيعة الانحدار الشديد لخليج العقبة، إذ تصل بعض الأعماق بجوار الشاطئ لأكثر من ١٥٠ متر (Avraham,et-al,1979,p.243) .

ويقع مخرج وادي وتير في القسم الشمالي من الدلتا ، شكل (٦- ١٢) ، أما الجزء الجنوبي فتقع فيه مصبات بعض الأودية الكبيرة مثل الصعدة السمرا والصعدة البيضاء ولذلك نجد أن الدلتا تتقدم في النصف الجنوبي صوب البحر أكثر من القسم الشمالي .

ويصل متوسط عرض الدلتا نحو ٣,٢كم ، ويقل العرض في الأطراف الشمالية والجنوبية حتى تختفي الرواسب الفيضية تماما وتشرف الحافات النارية على البحر مباشرة، وهو ما أدى إلى أن تسلك الطرق البرية مجاري الأودية جنوب دلتا وتير، ويصل أقصى

المصدر : ملتقطة من مرئية فضائية Landsat TM ، ١٩٨٤

شكل (٦ –١٣)

دلتا وادي وتير

عرض للدلتا في القسم الجنوبي حيث يصل إلى نحو ٤,٥٦كم، ويبلغ أقصى امتداد للدلتا من الشمال إلى الجنوب نحو ٧,١٩ كم.

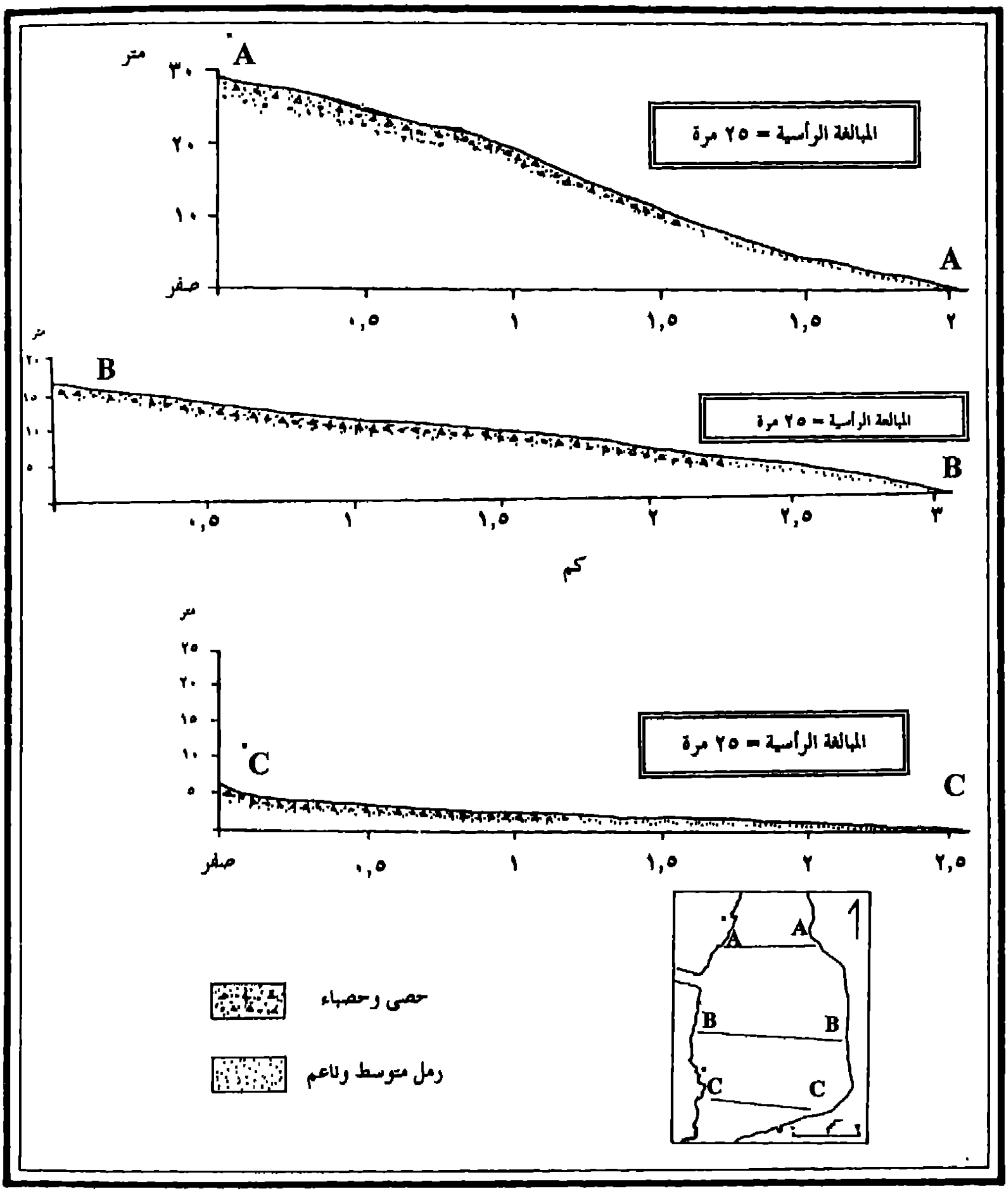
وإذا افترضنا خطاً يصل بين الطرف الشمالي للدلتا وطرفها الجنوبي فإن الجزء المتقدم في البحر تبلغ مساحته نحو ١٦,٤٤كم، بنسبة ٦٦٪ من مساحتها ، أما النسبة الباقية (٣٤٪) فإنها نشأت نتيجة تراجع الحافات ، وهذا يشير إلى أن أغلب مساحة الدلتا قد تكونت على حساب البحر، وبافتراض الأعماق الكبيرة التي تكونت فيها هذه الدلتا فإننا ندرك حجم الرواسب التي ألقاها الوادي في البحر مكوناً دلتاه ، وربما لو كانت الظروف الموضعية لخليج العقبة مختلفة لتكونت دلتا أكبر مساحة من الدلتا الحالية بكثير .

ولدراسة انحدار سطح الدلتا فقد تم عمل ثلاثة قطاعات تضاريسية ، شكل (٦-١٣) وقد تبين أن متوسط الانحدار يتراوح بين ٢-٣ درجة ويقل الانحدار كلما اقتربنا من خط الشاطئ ويصل إلى صفر في منطقة السبخات في القطاع الجنوبي الشرقي من الدلتا ، ويزيد الانحدار كلما اقتربنا من الحافة وحتى خط كنتور ٤٠ متر، وبعد ذلك يصبح الانحدار في صورة جروف شديدة الانحدار، وبدراسة معدلات التقوس تبين سيادة العناصر المستقيمة وبلغت نسبتها ٥٦٪ مقابل ٢٢٪ للعناصر المحدبة ونحو ٢٠٪ للعناصر المقعرة، وتأتي زيادة الأقسام المستقيمة كنتيجة طبيعية لقلة الانحدار لمسافات طويلة على سطح الدلتا الناتجة عن طبيعة الجريان الغطائي التي تكونت بها الدلتا.

تتركز الرواسب الخشنة (الحصى والحصباء والرمال الخشنة) عند مقدمة الدلتا وتزداد أمام مخارج الأودية كالأودية الصغيرة الموجودة شمال مخرج الوادي الرئيسي ، كما تزداد نسبة هذه المواد أمام مخرج وادي الصعدة السمراء، وقد بلغت المساحة التي تغطيها الإرسابات الخشنة نحو ٣٢٪ من إجمالي الرواسب السطحية التي تغطي سطح الدلتا ، بينما بلغت المساحة التي تشغلها الرواسب الناعمة والرواسب السبخية نحو ٣٧٪ ، أما النسبة الباقية وهي نحو ٣١٪ فتمثل الرواسب المتوسطة الحجم (رمل متوسط إلى خشن) ، وقد تبين أن أحجام الرواسب تقل بالاتجاه صوب البحر حيث تتركز الرواسب الناعمة جداً والتي تغطي أسطح السبخات في الجزء الجنوبي الغربي من الدلتا.

٢ - الأشكال الجيومورفولوجية فوق سطح الدلتا:

تنتشر فوق سطح الدلتا بعض الظاهرات الجيومورفولوجية ، وعلى الرغم من أن معظم هذه الأشكال قد تعرض للتدخل البشري بهدف استغلال المنطقة سياحياً إلا أن هناك بعض الظاهرات المتبقية فوق سطح الدلتا ونذكر منها.



شكل (٦-١٣)
القطاعات التضاريسية على دلتا وادي وتير

الكثبان الرملية:

وتتركز هذه الكثبان في الجزء الشمالي الشرقي للدلتا حيث توجد بعض الكثبان التي تأخذ أشكال مختلفة وتنتشر في مساحة قدرها ١,٥كم٢ ، صورة (٦-٦٩).

وبدراسة أحجام الرواسب لهذه الكثبان تبين أنها تتألف بصورة رئيسية من رواسب الرمل الناعم والناعم جداً والغرين ، وقد شكلت هذه العناصر نحو ٩٨٪ من العينات التي تم تحليلها وكما أشرنا فإن أغلب هذه الكثبان قد تم تسويته وبناء القرى السياحية فوقه وفي بعض الأحيان قد تتوسط أحد الكثبان القرى السياحية وتمثل عصر جذب سياحي ولذلك تم الإبقاء على بعض هذه الكثبان. صوره (٦-٧٠) .

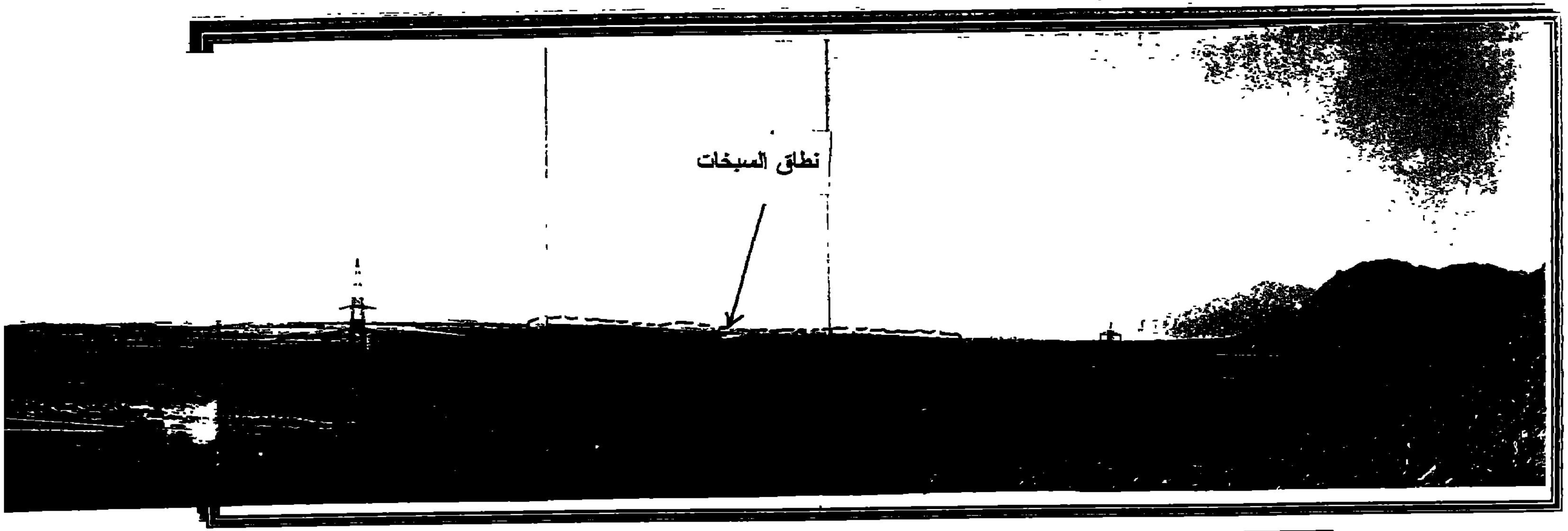
ويأخذ خط الشاطئ في هذا القطاع اتجاهاً شمالياً غربياً بصفة عامة وقد يكون لانكشاف السطح في هذه المنطقة وقلة انحدارها بالإضافة إلى توافر الرمال من سطح الدلتا ذاتها الأثر الأكبر في وجود الكثبان في هذا القطاع ، ولا يمكن الجزم بهذا الرأي إذ يتطلب الأمر مزيد من التحليلات المتقدمة لمعرفة مصدر هذه الرمال ، ولكن على أية حال فإن هذه الكثبان في طريقها للاختفاء نظراً للتوسعات السياحية الكبيرة التي تتم بالمنطقة.

السبخات :

تنتشر السبخات في النطاق الجنوبي من المنطقة وتشغل مساحة تقدر بنحو ٥ كم، وتتسم أراضي السبخات باستواء السطح تقريباً كما تتسم بأن التربة مشبعة بمياه البحر نظراً لقربها الشديد من مصدر المياه ، وتظهر القشور الملحية في بعض الأجزاء ، وتعد هذه الأجزاء من أصعب المناطق في استغلالها نظراً لارتفاع منسوب الماء الأرضي ، وتنتشر بعض النباتات فوق أسطح هذه السبخات وتتكون بعض النبكات القليلة التي تتسم بكبر أحجامها وارتفاعها الذي يصل في بعض الأحيان لأكثر من المتر الواحد ، ويصعب اجتياز هذه السبخات سواء للأفراد أو المركبات ، ولذلك يكاد يختفي الاستغلال البشري في هذه المناطق ، صورة (٦-٧١) .

المجاري المتشعبة:

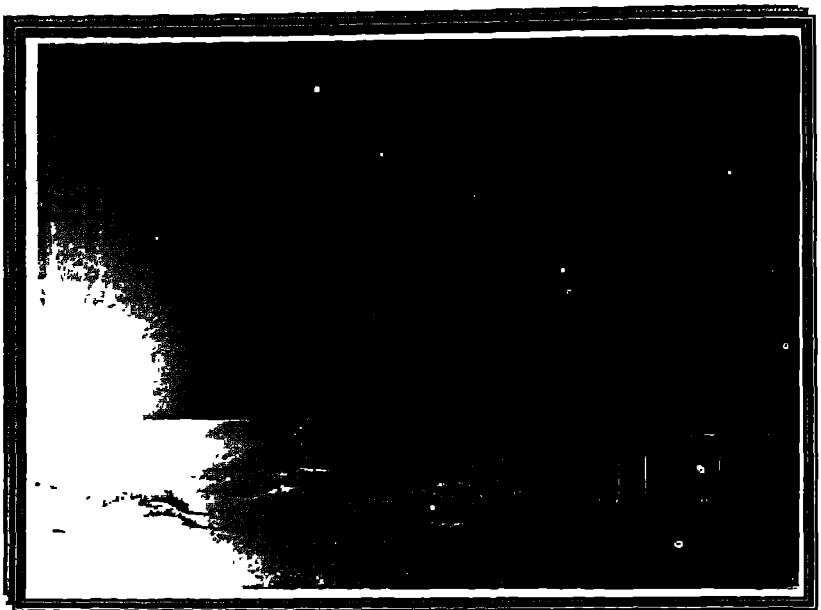
تنتشر بعض المجاري المتشعبة فوق سطح الدلتا وخاصة في الجزء الشمالي حيث يتراوح اتساعها بين ١٠ - ٥٠ متر ويبلغ ارتفاعها ٠,٥ - ١ متر تقريباً ، وقد أستغل أحد هذه المجاري وهو المجرى الرئيسي لوادي وتير فوق الدلتا ، استغل هذا المجرى لاستخدامه كمخر للسيول ، ولكن غالباً ما تفيض المياه على جانبيه أثناء السيول المتوسطة والقوية ، وقد استغلت بعض هذه المجاري لإقامة شبكة من الطرق فوق سطح الدلتا .



صورة (٦-٦٩)

بانوراما لدلتا وادي وتير

" ناظراً صوب الشرق"



صورة (٦-٧٠)

أحد الكثبان الرملية في النطاق الشمالي للدلتا

"ناظراً صوب الشمال الشرقي"

صورة (٦-٧١)

أسطح السبخات في الجزء الجنوبي من الدلتا

"ناظراً صوب الشمال الشرقي"

- يعتقد على نطاق واسع بأن أغلب دالات خليج العقبة بما فيها دلتا وادي وتير قد تكونت خلال البليستوسين نتيجة للفترات المطيرة حيث كانت الأودية تجلب كميات كبيرة من الرواسب وتلقي بها في الخليج ، وقد استطاع وادي وتير نتيجة لكبر مساحة حوضه وشبكة تصريفه أن ينقل كميات هائلة من الرواسب مكوناً دلتا كبيرة - مقارنة ببقية الدالات التي كونتها الأودية التي تصب في خليج العقبة - ويبدو أن فترات الجفاف الحديثة لم تؤثر على سطح الدلتا سوى في تكوين الكثبان الرملية الشمالية ، كما أن العواصف المطيرة التي تنتاب المنطقة من آن لأخر تعمل على إضافة بعض الرواسب إلى سطح الدلتا وخاصة في الجزء الغربي - مقدمة الدلتا - منها .

وبناءاً على ما سبق فإن دلتا وتير تعد نتاج لعدة عوامل أهمها مساحة حوض التصريف وشبكة التصريف ودرجة انحدار قاع الخليج وكذلك فترات المطر والجفاف خلال البليستوسين، أما الظاهرات الموجودة فوق سطح الدلتا فهي أحدث عمراً وربما تكون قد تكونت خلال الهولوسين

ثالثاً : الأشكال ذات الأصل الهوائي :

بصفة عامة تقل الأشكال الناتجة عن فعل الرياح نتيجة لطبيعة صخور المنطقة وشدة تضرسها ، وتتركز أغلب الأشكال الهوائية في القسم الشمالي من الحوض ويمكن تقسيم الأشكال ذات الأصل الهوائي إلى قسمين :

<u>أشكال ناتجة عن النحت</u> : وتشمل الموائد الصحراوية وحفر وكهوف الرياح

<u>أشكال ناتجة عن الإرساب</u> : وتشمل الكثبان الصاعدة والرمال المنجرفة والنبكات وقد تم دراسة الكثبان الرملية الموجودة فوق دلتا وتير سابقاً

أ - أشكال ناتجة عن النحت :

١ - الموائد الصحراوية :

نتيجة لعمليات النحت بفعل الرياح في الطبقات اللينة التي تعلوها طبقات صلبة تظهر بعض الأشكال الفريدة والتي يطلق عليها الموائد الصحراوية ، وتنتشر هذه الأشكال في الجزء المحصور بين وادي سعدي ووادي الحيثي ويتراوح ارتفاعها بين ٢٠- ٢٥ متراً فوق السطح المجاور ، وتتألف الأجزاء العليا من صخور الحجر الجيري والحجر الرملي الصلبة ، أما الطبقات السفلى فإنها تتألف من صخور المارل والطفل وان كانت ذات سمك صغير يتراوح بين ٠,٥ -١,٥ متر ، وفي بعض الأحيان قد تتعاقب الموائد الصحراوية فوق بعضها نتيجة لوجود أكثر من طبقة لينة تفصلها طبقات صلبة ، صورة (٦-٧٢) ، وفي بعض الأحيان قد

صورة (٦-٧٢)

بعض أشكال الموائد الصحراوية بالمنطقة

"ناظرا صوب الشرق"

صورة (٦-٧٣)

إحدى المظلات الصحراوية في صخور الحجر الرملي

"ناظرا صوب الجنوب الشرقي"

يحدث النحت في الجانب المواجه للرياح فيتعرض للتراجع والتآكل بصورة أسرع من الجوانب الأخرى مما يؤدي إلى ظهور ما يعرف باسم المظلات الصحراوية ، صورة (٦-٧٣) .

٢ - حفر وكهوف الرياح :

تنتشر الكهوف في جميع أنواع الصخور ولكنها تكثر في التكوينات التي تتألف من الصخور الهشة ، وتعمل الرياح على بري بعض المواضع في هذه الصخور ثم تقوم بنقل حمولتها تاركة هذه الفجوات .

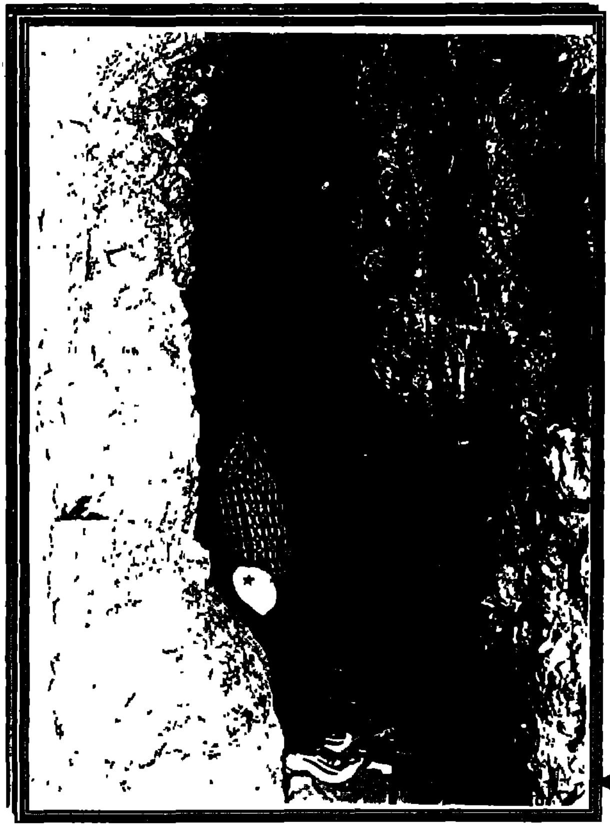
وقد سجل الطالب بعض الكهوف في الصخور النارية الصلبة بالمنطقة ويلاحظ أن أغلب هذه الكهوف تركزت على الجانب الشرقي للوادي المواجه للرياح الشمالية والشمالية الغربية ، وتأخذ هذه الكهوف أشكالاً مختلفة ، فيأخذ بعضها شكل المثلث ، صورة (٦-٧٤) ، وقد بلغ عمق هذا الكهف ٨,٣ متر ويتراوح عرضه بين ٠,٤ - ٣,٥ متر عند مدخل الكهف ، وقد بلغ ارتفاعه ما بين ٢,٥ - ٥ أمتار ولا يمكن أن تكون الرياح بمفردها مسئولة عن تكوين هذا الكهف ولكن يبدو أن هذا الكهف قد نتج بسبب انتشار بعض الفواصل المتعامدة في هذا الموضع ، ثم ما لبثت الرياح أن تخيرت مناطق الضعف الجيولوجي في الصخر وأخذت تعمل على توسيع الكهف ونقل الرواسب الناتجة ، وقد تدخل مياه السيول هذا الكهف وتتكون في أرضيته بعض القشور الطينية .

وتأخذ بعض الكهوف شكل القوس أو نصف دائرة كما يتضح من صورة (٦-٧٥) وتتسم هذه الكهوف بأن لها من الاتساع أكثر ما لها من العمق على عكس الكهوف المثلثية وربما يرجع ذلك إلى انتشار الفواصل في موضع الكهف ، وتتسم الكهوف الموجودة في الصخور النارية بوجود عتبة من الرواسب الناعمة أمام مدخل الكهف ويبلغ ارتفاعها بين ٢٠ - ٥٠ سم ، كذلك قد توجد بعض النباتات أمام مداخل هذه الكهوف .

أما الحفر الناتجة عن فعل الرياح في الصخور الرسوبية فإنها أكثر انتشاراً وإن كانت أقل في أبعادها المورفومترية ، ويتراوح عمقها بين ٠,٥ - ٢ متر وارتفاعها ٠,٦ - ١ متر ، ، وقد تظهر هذه الحفر في صورة متتابعة خاصة إذا وجدت طبقة لينة تقع أسفل الصخور الصلبة ، صورة (٦-٧٦) ، وتبدو جوانب هذه الحفر وقيعانها مصقولة وخالية من الرواسب ، إذ تعمل الرياح باستمرار على نقل الرواسب التي يتم نحتها ، صورة (٦-٧٧) .

وربما تكون هذه الحفر والثقوب اقل أبعاداً من الكهوف الموجودة في الصخور النارية نتيجة لأن العامل المسبب لها هو الرياح فقط أما كهوف الصخور النارية فقد تضافرت العوامل الليثولوجية والبنيوية مع فعل الرياح في نشأتها .

صورة (٦-٧٤)



أحد الكهوف المثلثية في الصخور النارية بالمنطقة"
ناظرا صوب الجنوب الشرقي"

صورة (٦-٧٥)

كهف على هيئة نصف دائرة فى الصخور الناريه
ناظرا صوب الجنوب الشرقي"

صورة (٦-٧٦)

فجوات وثقوب الرياح في صخور الحجر الجيري

"ناظراً صوب الجنوب الغربي"

صورة (٦-٧٧)

أحد الكهوف الثانوية في صخور الحجر الجيري

"ناظراً صوب الشمال الغربي"

ب - أشكال ناتجة عن الإرساب

تعد الكثبان الرملية من أهم أشكال الإرساب بفعل الرياح - على الرغم من قلتها - في المنطقة ، ولم يتعرف الطالب على هذه الأشكال سوى شمال مصب وادي الصوانة ، حيث الظروف أكثر ملائمة من حيث انبساط السطح ووجود مصدر للرمال لتكوين هذه الأشكال ، ومن أهم الأشكال الناتجة عن الإرساب بفعل الرياح ما يلي :

١ - الكثبان الصاعدة Climbing Dunes :

وتوجد هذه الكثبان فوق أسطح الحافات المواجهة للرياح السائدة ، ويشترط لتكوين هذه الكثبان ألا تزيد درجة انحدار الحافات عن ٦٠ درجة ، (Pye,& Tsoar,1990,p.166) ولذلك فقد سجلها الطالب على الأجزاء الدنيا للحافات ، صورة (٦-٧٨) ، وقد تعرف الطالب على هذه الكثبان في بعض الروافد التي تجري فوق الصخور الرملية مثل وادي الشيحة والشفلح (روافد وادي وتير الأعلى) ، وتتسم هذه الكثبان بقلة انحداراتها وقلة أحجامها ، إذ لا يتعدى عرضها بضعة أمتار قليلة ولا يزيد ارتفاعها عن ١٠ أمتار .

وقد تختلط رواسب هذه الكثبان مع الرواسب الخشنة التي تسقط من الأجزاء العليا للحافات ، وقد اتضح من خلال التحليل الميكانيكي لرواسب الكثبان ما يلي :

- تتراوح نسبة الرمل الخشن والمتوسط ما بين ٤٠ - ٦٠ ٪ .

- تصل نسبة الرمل الناعم والناعم جداً ما بين ٤٠ - ٦٠ ٪ ، ويعتقد الطالب أن الصخور الرملية بالمنطقة هى مصدر رمال هذه الكثبان حيث تعمل الرياح على نحت وبري الصخور ثم إعادة ترسيبها عندما تتوافر الظروف الملائمة لعملية الترسيب .

وتتسم الكثبان الصاعدة ببطء الحركة في اتجاه أعلى المنحدر وقد يرجع ذلك إلى زيادة درجات الانحدار التي قد تصل إلى ٨٠ درجة على الواجهات الحرة .

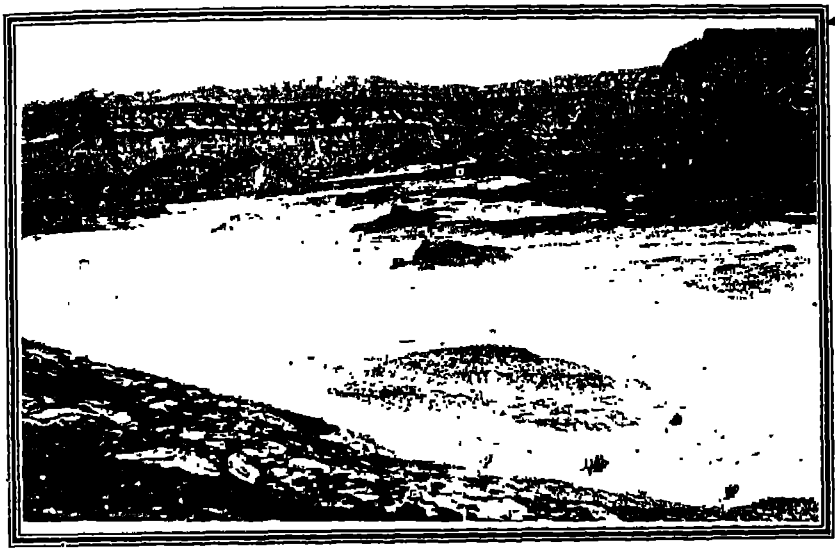
٢ - الرمال المنجرفة Sand Drift

عندما تهب الرياح محملة بالرمال فوق سطح هضبة ما فإن الهواء يهبط عند أقدامها على هيئة مخاريط وأكوام من الرمال يطلق عليها الرمال المنجرفة (الحسيني،١٩٩٦،ص٢٢٤) .

وقد رصد الطالب هذه الظاهرة عند جوانب الأودية المتسعة في نطاق الصخور الرملية ، حيث تمثل جوانب الأودية وبعض التلال عوائق يترسب خلفها ما تحمله الرياح من رمال ومفتتات ، وتتسم هذه الرمال بسيادة نسبة المواد الناعمة وتظهر على سطحها التموجات الرملية Sand Ripples ، صورة (٦-٧٩) ، وبتحليل ٣ عينات من رواسب هذه الكثبان اتضح ما يلي :

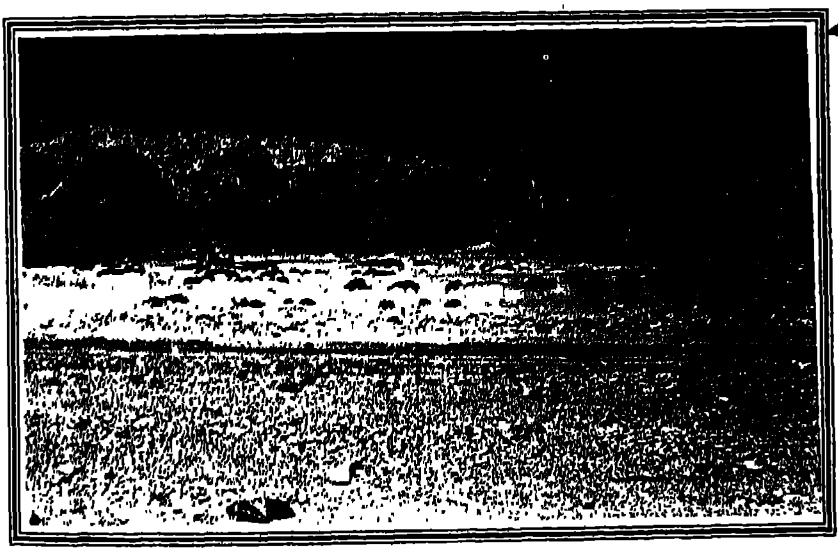
صورة (٦-٧٨)

الكثبان الصاعدة على جوانب روافد الوادي "ناظراً صوب الشمال"



صورة (٦-٧٩)

الرمال المتجرفة ومجروفات الرمال في نطاق الصخور النارية "ناظراً صوب الشمال الغربي"



صورة (٦-٨٠)

مجموعة من النبكات الرملية أمام مصب أحد الروافد الشمالية للوادي "ناظراً صوب الشمال الشرقي"

- تصل نسبة المواد الناعمة (رمل ناعم - رمل ناعم جداً - غرين) لأكثر من ٦٠ ٪ .
- تبلغ نسبة الرمل الخشن والمتوسط إلى نحو ٤٠ ٪ وقد تقل إلى نحو ٣٠ ٪ بينما لم تتعدد نسبة الرمل الخشن ١ -٢ ٪ فقط .
- وتتسم هذه الرواسب بتجانسها مقارنة برواسب الكثبان الصاعدة التي تختلط بالرواسب الخشنة بنسبة أكبر ، كما تتصف هذه الكثبان بأنها أكثر عرضة للحركة وخاصة عندما تتكون في مجاري متسعة تسمح بحركتها .

٣ - النبكات :

ترتبط نشأة النبكات بوجود النبات حيث تتراكم الرمال فوق النبات الذي يمثل مصيدة لهذه الرمال ونتيجة لقلة النباتات بوجه عام في منطقة الدراسة فإنه يندر وجود هذه الأشكال ولذلك فهي تتركز بصورة أكبر فوق دلتا الوادي الرئيسي نتيجة لوفرة المياه فضلاً عن استواء السطح في المناطق الساحلية وانتظام هبوب الرياح ، ولكن على الرغم مما سبق فقد سجل الطالب هذه الظاهرة في بعض قيعان الروافد الشمالية وخاصة عند مصبات هذه الأودية ، صورة (٦-٨٠) ، ويتراوح ارتفاع هذه النبكات بين ٢٠ -٤٠ سم ، ويختلف ارتفاعها تبعاً لاختلاف نوع النبات ، وتنتشر النبكات بسرعة في أعقاب سقوط المطر وخاصة في مجاري الأودية المتسعة ، وما تلبث أن تجتذب النباتات -التي تنمو مباشرة عقب سقوط الأمطار- الرمال التي تترسب خلف وأمام النبات ، وفي مرحلة لاحقة يتعرض النبات للجفاف فتبدأ الرياح في نقل الرمال التي أرسبتها حول النبات ثم تتلاشى النبكات في المرحلة الأخيرة .

رابعاً : الأشكال ذات الأصل التحاتي :

تم دراسة بعض هذه الأشكال عند معالجة المنحدرات ، ولذلك فسوف تقتصر دراستنا الحالية على مظهرين فقط وهما البيدمنت ، أسطح التعرية :

أ - البيدمنت

يقصد بالبيدمنت ذلك السطح ذو الانحدار اللطيف الذي يقع أسفل واجهة الحافة ويمتد حتى قاع الوادي أو السهل الرسوبي ، والبيدمنت سهل تحاتي تتراوح درجة انحداره بين ١ - ١٠ درجات ، ويزيد انحداره في قسمه الأعلى ويقل عند حضيض الجبال لأقل من نصف درجة ، (جودة ، ١٩٨٣،ص٤٣١) .

ويعد البيدمنت جزءاً من البيدمونت Piedmont الذي يضم سهل البيدمنت وسهل البيدمونت والذي يطلق عليه في بعض الأحيان Culluvial .

ويتأثر سهل البيدمنت بعدة عمليات هى التعرية الجدولية Rill Wash ، والغسل السطحي Surface Wash ، كذلك يتأثر سهل البيدمنت بعمليات تراجع الحافات سواء كان التراجع المتوازي Parallel Retreat أو التراجع بطريقة الإحلال ، ويمكن أن يطلق على كل العمليات السابقة Pedimentation ، والتي يعتقد كثير من الباحثين أن هذه العمليات تؤدي في النهاية إلى تكوين السهل التحاتي Pediplain .

ومن خلال فحص الخرائط والخرائط المصورة (الموزايك) ، شكل (٦-١٤) يتضح ما يلي :

تنتشر سهول البيدمنت انتشاراً كبيراً في النطاق الشمالي من المنطقة وكذلك الجزء الغربي ، حيث توجد في تكوينات الحجر الجيري والحجر الرملي وخاصة في الأجزاء الدنيا من الأودية وتتراوح درجات انحدارها بين ١-٩ درجات ، كذلك فقد لاحظ الطالب أن سهول البيدمنت توجد على مناسيب تتراوح بين ٤٠٠ - ٩٠٠ متر فوق مستوى سطح البحر ، وتحتل مساحات متسعة في بعض الأحيان وخاصة في أحواض أودية الحيثي والبطم والصوانة والشبيحة والزلقة وروافده في الغرب ، وتتسم أسطح البيدمنت بوجود العديد من المجاري المائية الضحلة والتي لا يزيد ارتفاع جوانبها عن ٠,٥ متر ، ولذلك لا نتوقع جرياناً محدداً فوق هذه الأسطح عند حدوث السيول ولكنه في أغلب الأحيان يكون في صورة مجاري عديدة ومتشعبة .

وتغطي سطوح البيدمنت رواسب متفاوتة الحجم وان كانت أغلبها مشتقة من صخور الحجر الجيري والرملي ، كما توجد بعض الإرسابات الرملية السائبة وخاصة في أسطح البيدمنت الموجودة بالجزء الشمالي من الحوض ، ويزيد سمك هذه الرواسب في الأجزاء الدنيا من سطوح البيدمنت .

تتصف سطوح البيدمنت بتقعرها الخفيف ويعزى هذا التقعر كما أشار (Small,1978,pp.319-320) إلى فعل المياه وأهميتها في تشكيل هذه السطوح ، ولكنه أضاف بأنه من المحتمل وجود أسطح البيدمنت أسفل نطاق الرواسب الفيضية Alluvial Zone وفي هذه الحالة فإن سطوحها تتصف بالتحدب نتيجة لوجودها بعيداً عن تأثير المياه السطحية ، وقد أطلق على هذا النطاق Sub-Alluvial Bench

ب - سطوح التعرية :

تنتشر هذه الأسطح في الجزء الشمالي من حوض التصريف وتحديداً في النطاق الواقع بين واديي سعدي والحيثي ، وتتسم هذه الأجزاء بشدة تقطعها بفعل التعرية المائية وان كان يربط بين هذه الأجزاء منسوب متقارب يبلغ ٣٠ - ٥٠ متر فوق الأراضي المجاورة ،

وترتبط هذه المناطق بصخور الحجر الرملي والجيري وتغطيها رواسب مفككة من الصخور الجيرية والرملية ، وتتعرض الرواسب السطحية لعمليات التجوية بنوعيها مما يؤدي إلى تفتيت هذه الرواسب وفي بعض الأحيان قد يتغير لونها نتيجة لتفاعل مكوناتها مع قطرات الماء .

وتمثل هذه السطوح مرحلة متقدمة من مراحل التعرية النهرية ولكن يبدو انه في بداية نشأتها قد تأثرت بالحركات الصدعية التي أصابت المنطقة وأدت إلى تقطيع المنطقة بعدد من الصدوع وفي مرحلة تالية عملت الأودية على بناء شبكتها التصريفية وتسوية المنطقة ، وتدل التلال الموجودة فوق هذه الأسطح إلى عدم اكتمال دورتها الجيومورفولوجية كما أشار إلى ذلك (أبو العينين،١٩٧٦،ص٥٧٩) ، وأطلق عليها دورة تحاتية ناقصة Partial Cycle ،

وعلى الرغم من اختلاف منسوب هذه الأسطح من مكان لأخر إلا أنها تتفق في درجة انحدارها وشكلها العام والرواسب التي تتكون فوق سطحها .

وكما سبق أن ذكرنا فإنه يمكن الربط بيم قمم هذه الأسطح بخط وهمي يمثل مستوى السهل القديم في بداية نشأته ، ولا يعني وجود هذه الأسطح بدرجات انحدار قليلة وصولها إلى نهاية مرحلة التعرية فما زالت عمليات التعرية المائية خاصة أثناء السيول تعمل باستمرار على تعديل أسطح التعرية وإعادة تشكيل رواسبها .

الخلاصة :

١ - ينتشر بحوض التصريف مجموعة كبيرة من الأشكال الجيومورفولوجية أهمها الإشكال الناتجة عن عمليات التصدع التي أصابت المنطقة ، كما تمثل التعرية النهرية أكثر الأشكال انتشاراً ، كذلك تظهر بعض الأشكال ذات الأصل الهوائي وبعض الأشكال التحاتي في القسم الشمالي من الحوض .

٢ - توجد الحافات الصدعية الرئيسية في القسم الشرقي من الحوض وتسير مع خط تقسيم المياه الفاصل بين حوض التصريف محل الدراسة وأحواض التصريف التي تصب في خليج العقبة ، وتتراوح درجة انحدار هذه الحافات بين ٦٠ - ٨٠ درجة ، أما الحافات الثانوية فإنها تظهر في أغلب حوض التصريف وإن كانت تتركز في الجزء الجنوبي حيث تنتشر الصخور النارية .

٣ - تنتشر الكويستات على الجانب الغربي للحوض إذ أنها تمثل جزءاً من هضبة العجمة ، وتنحدر هذه الكويستات انحداراً شديداً صوب حوض التصريف ، ويتراوح الانحدار بين ٥٠ - ٧٠ درجة ، وتتألف من صخور الإيوسين الأسفل ، كما تظهر أشكال الهوجباك في القسم الشمالي من الحوض ويعتقد أنها نشأت بفعل الصدوع التي أصابت المنطقة ، كما توجد بعض الطيات المحدبة والمقعرة ، ولكنها تتسم بندرتها بصفة عامة .،

٤ - تعد شبكة التصريف من أهم أشكال التعرية النهرية ولكن توجد بعض الأشكال الأخرى التي ترتبط بالأشكال الناتجة عن التعرية النهرية واهم هذه الأشكال :

- أنماط الأودية حيث توجد جميع الأنماط المعروفة وهي النمط المستقيم الموجود في بعض الأجزاء التي تسير في نطاق الصدوع وكذلك النمط المتعرج الذي يعد أكثر الأنماط انتشارا ، أما النمط المنعطف فيتركز في بعض مقاطع الأودية ، كما يوجد النمط المتشعب ويتركز في روافد وادي الحيثي في النطاق الشمالي الذي يتسم بقلة انحداره
- المراوح الفيضية ، تنتشر في أغلب أرجاء الحوض وتظهر في ثلاثة أنماط هي :
- **نمط المراوح الجبلية وهى المراوح الموجودة في القطاع الأدنى من الوادي وتتسم بصغر** مساحاتها وزيادة أحجام رواسبها بصفة عامة .
- نمط المراوح المركبة ، وهى المراوح التي تكونت فوق دلتا وادي وتير أي أنها تكونت فوق رواسب مروحية .
- نمط المراوح المتسعة وهى المراوح التي تكونت في الجزء الشمالي من الحوض وتتسم بكبر مساحاتها وقلة أحجام رواسبها .

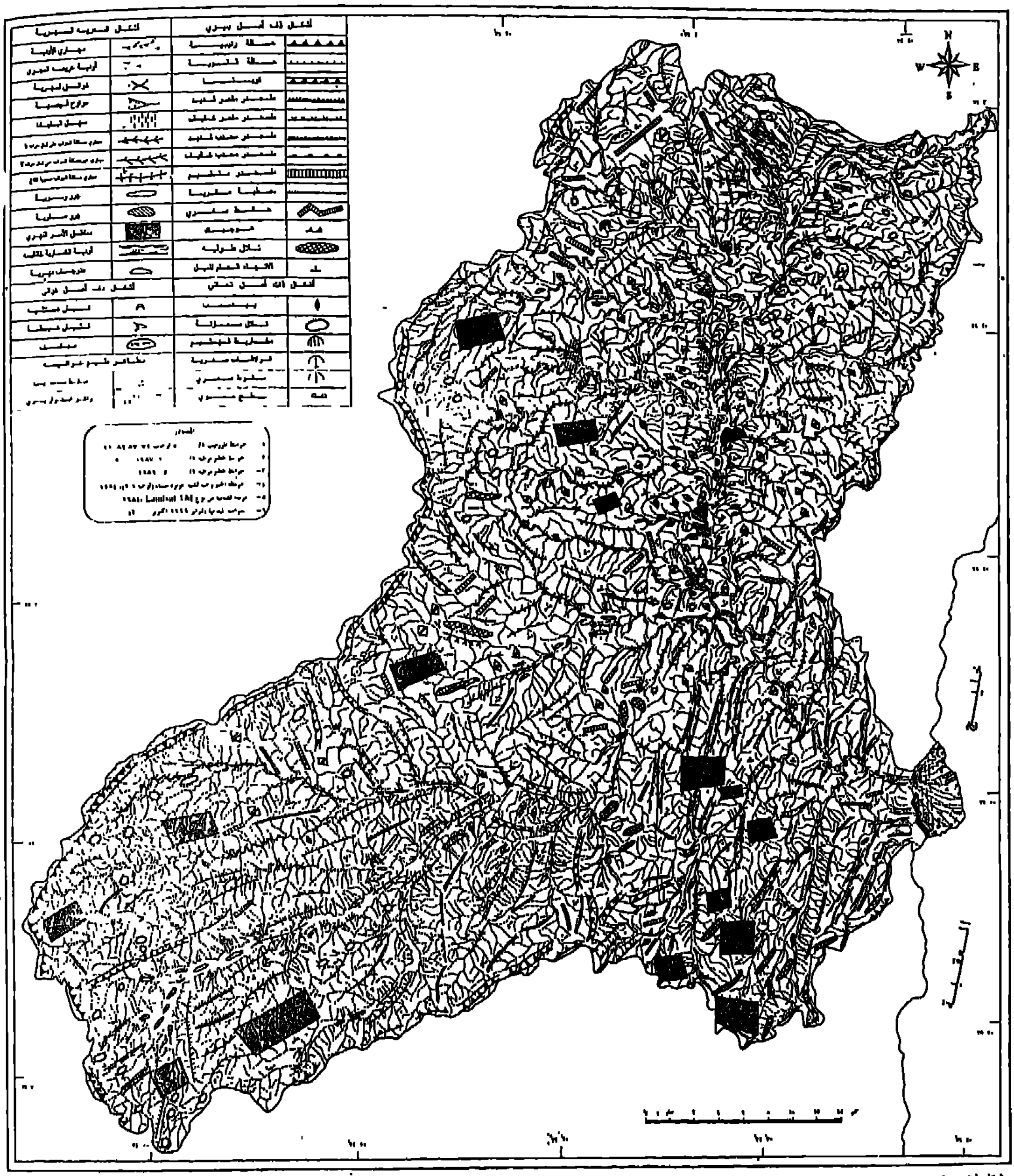
وتظهر بعض الأشكال الجيومورفولوجية فوق أسطح المراوح أهمها قنوات النحت المائي والجزر الحصوية والمدرجات وبرك السيول ، ويعتقد على نطاق واسع أن المراوح الفيضية بالمنطقة حديثة النشأة وترجع إلى تعاقب فترات المطر والجفاف خلال النصف الأخير من البليستوسين والهولوسين .

٥ - ينتشر بحوض التصريف مجموعة من المدرجات النهرية توجد على مناسيب ٣ ، ٦ ، ٩ ، ١٥ ، ٣٠ متر ، وتتسم مدرج ٣ متر بعظم انتشاره مقارنة بالمدرجات الأخرى الأعلى منسوباً ، وتتألف رواسب المدرجات بصفة عامة من الرواسب الخشنة ، وترجع نشأة هذه المدرجات إلى فترات المطر والجفاف التي أصابت المنطقة ، وربما تكون الحركات التكتونية قد ساهمت في نشأة بعض هذه المدرجات .

٦ - تعد دلتا وادي وتير من أهم الأشكال الإرسابية بالمنطقة وتبلغ مساحتها نحو ٢٤ كم٢ وينتشر فوقها بعض الكثبان الرملية في القطاع الشمالي ، كما تميز السبخات قسمها الجنوبي ، كذلك تظهر بعض المجاري المتشعبة في الجزء الشمالي من الدلتا .

٧ - يقل وجود الأشكال ذات الأصل الهوائي بالمنطقة وان كانت تتمثل بصورة رئيسية في الموائد الصحراوية وحفر وكهوف الرياح ، أما أشكال الإرساب فتتمثل في الكثبان الصاعدة والرمال المنجرفة ، كما توجد بعض النبكات الرملية القليلة .

٨ - أما الأشكال ذات الأصل التحاتي فإنها تشمل البيدمنت ويتركز في القسم الشمالي من الحوض وكذلك أسطح التعرية الموجودة في نطاق الصخور الجيرية والرملية شمالي حوض التصريف .



شكل (٦-١١)

الخريطة الجيومورفولوجية لحوض وادي وتير

ملحق خاص عن

إنشاء نظام معلومات جغرافي لحوض تصريف وادي وتير

Geographic Information System for Wadi Watir Basin

تعتبر نظم المعلومات الجغرافية من التقنيات الحديثة التى أصبحت تستخدم على نطاق واسع ، وتوجد تعريفات عديدة لنظم المعلومات الجغرافية وربما يكون ذلك ناتجا عن تنوع مستخدمى هذه النظم ، ولعل التعريف الذى أوردته مؤسسة إيزرى Esri فى موقعها على شبكة المعلومات العالمية [1] تعتبر من ابسط التعريفات ويتلخص فى .

GIS is a Based computer technology for capturing, processing, Manipulating, Storing, retrieving, Analyzing and Displaying Spatial Referenced data to serve specific set of application.

أى أن نظم المعلومات الجغرافية تقنية لجمع وتشغيل ومعالجة وحفظ واستعادة وتحليل وعرض البيانات الجغرافية من أجل هدف معين ، ولابد من أن تخدم نظم المعلومات الجغرافية متخذي القرار .

وتنقسم نظم المعلومات الجغرافية إلى :

١-نظم المعلومات الاتجاهية Vector GIS

وفى هذا النوع يتم تمثيل جميع البيانات الجغرافية فى صورة :

أ - رموز النقطة Point or Node Data

ب- رموز خطية line or Arc Data

ج- رموز مساحية Polygon Data

وبالنسبة لرموز النقطة فأنها تسجل فى صورة إحداثيات x.y ، أما بالنسبة للخط فأنه مجموعة من النقط vertices ويبدأ نقطة node وينتهى عن نقطة أخرى node

أما بالنسبة لرموز المساحة Polygon ، فأنها تتمثل فى صورة خط مغلق يتألف فى مجموعة من النقط تنتهى عند نقطة البداية .

٢- نظم المعلومات الجغرافية المساحية Raster GIS

ويتم خلالها تمثيل جميع الظاهرات الجغرافية بالوحدة المربعة التى تطلق عليها Pixel ، ويتعامل هذا النوع مع صور الأقمار الصناعية بصورة أساسية .

وجدير بالذكر أنه يمكن التحويل من نظم المعلومات الجغرافية الاتجاهية إلى مساحية والعكس ، ويحدد مصمم نظم المعلومات أى النظم التى سيتعامل معها ، ويتوقف ذلك على طبيعة البيانات الجغرافية ومدى توافرها ومقدار الدقة المطلوبة ، إلا أنه يمكن القول بأن نظم المعلومات الاتجاهية تكون أكثر كفاءة للظاهرات ذات الأبعاد الطولية والموضعية أما النظم المساحية فأنها تكون

---

[1] http://www.Esri.com

أكثر فائدة فى الظاهرات ذات الأبعاد المساحية ، وتتسم نظم المعلومـــات الاتجاهيـــة بدقـــة تمثيـــل الظاهرات مقارنة بنظم المعومات المساحية.

وقد قام الطالب بتصميم نظام معلومات جغرافي لحوض وادى وتير مستخدما نظم المعلومات الجغرافية الاتجاهية **vector** ، وتم الاستعانة بمرئية فضائية Landsat TM فـــى تحديـــد بعـــض الظاهرات الجغرافية والتكوينات الجيولوجية ، وقد مرت عملية إنشاء النظام بالخطوات التالية:

أولا : الأدوات Hardware

- حاسب آلي شخصي PC (Pentium 200 MHZ, 64 M.B.Ram)

٢- مرقم آلي Digitizer Summagraphic AO

٣- ماسح ضوئي Scanner

٤- طباعة ألوان Inkjet Printer (Epson760)

ثانيا : البرامج التى استخدمت فى إنشاء النظام Software

١- Pc Arc info ver. 3 . 5 . 1

٢- Auto cad relesse 14 .

٣- DAK (Data Automation kit).

٤- Arc view ver 3.1 (with the following Extensions).

Spatial Analyst.
ODB Extension.
3D Analyst.
Image Analysis.
Network Analyst.
xtools Extension

٥ - Erdas Imagine ver. 8.2

٦ - SPSS ver. 9

٧ - STATISTICA ver.5

٨ - VISUAL DBASE

البرامج المطلوبة لعرض النظام

1- Arcview with its above Extension

ويمكن استخدام Arab View فى حالة استخدام الأحرف العربية .

أهداف النظام

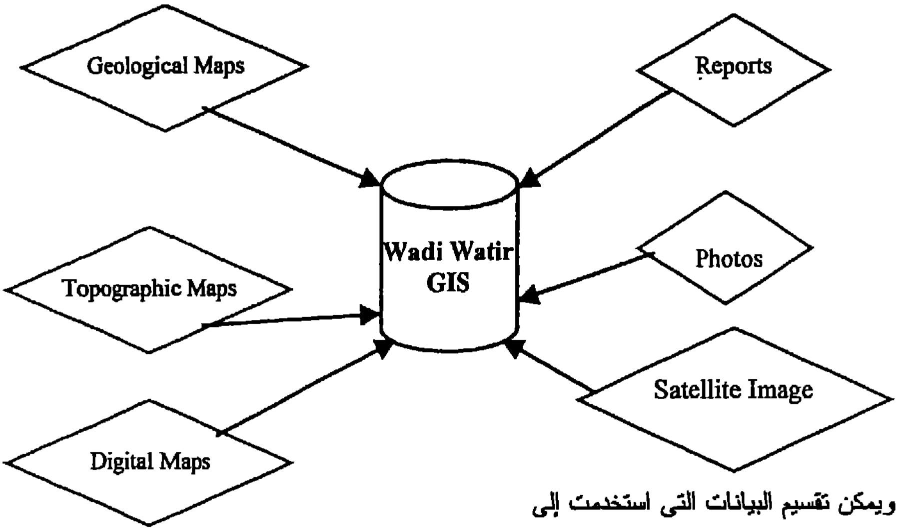
١-إنشاء قاعدة بيانات جغرافية لحوض التصريف

٢-تحديد درجة خطورة أحواض الروافد .

٣-تقديم البدائل المختلفة لمتخذى القرار عند اختيار منـــاطق الاســتصلاح الزراعـــى وإنشاء مناطق عمرانية.

مصادر البيانات Data Sources

تعددت مصـادر البيانات التى اعتمد عليها الطالب فى إنشاء نظـــام المعلومـــات الجغرافـــى للحوض وتتضح من خلال الشكل التالى.



ويمكن تقسيم البيانات التى استخدمت إلى

(١) بيانات جغرافية (مكانية) Geographic Data (spatial)

تتمثل في

أ - الخرائط الطبوغرافية ١/٥٠,٠٠٠

ب - الخرائط الجيولوجية ١/٢٥٠,٠٠٠

جـ- مرئية فضائية Landsat TM. (30M. Resolution)

د - الخرائط الرقمية

(٢) بيانات غير جغرافية Non Geographic Data

وتتمثل فى التقارير والجداول وبعض الصور الفوتوغرافية التى تم ربطها بالبيانـــات الجغرافية .

إدخال البيانات Data Input

تحويل البيانات Data Conversion

أ - البيانات الجغرافية

مرت عملية إدخال البيانات الجغرافية بعده مراحل هى

١- تحويل إحداثيات الخرائط من Lat. , Long إلى x.y حسب المسقط المستخدم وهو مسقط مركيتور المستعرض UTM

٢- تحويل الخرائط من الصورة الورقية Analog إلى صورتـــها الرقميــة Digital باستخدام عملية Digitization باســـتخدام برنـــامج AutoCad وإنشــاء الطبقــات Layers وكان بيانها كالتالى :

مسلسل	اسم الطبقة (الخريطة)	الرمز
١	حدود الخرائط	Polygon
٢	خطوط الكنتور	Lines
٣	حدود أحواض الروافد	Polygon
٤	حدود الحوض الرئيسي	Polygon
٥	خليج العقبة	Polygon
٦	المدقات	Lines
٧	الطرق الرئيسية	Lines
٨	البؤر الزلزالية	Points
٩	القمم الجبلية	Points
١٠	الروافد الرئيسية	Lines
١١	المجرى الرئيسى	Lines
١٢	مجرى وتير الأعلى	Lines
١٣	الآبار	Points
١٤	التكوينات الجيولوجية	Polygon
١٥	الصدوع	Lines

٣- تحويل الطبقات السابقة من Dwg إلى Dxf باستخدام برنامج AutoCAD

٤- تحويل الطبقات إلى برنامج Pc ArcInfo مستخدما أمر DXFARC

٥- إجراء علمية Clean لكل خريطة بهدف إزالة أى أخطاء بالرسم .

٦- بناء الطوبولوجى Topology باستخدام أمر Build ، وبعد ذلك يصبح لكل خريطـــة جدول مرتبط بها ، فالخريطة ذات رمز Polygon ينشـــأ عـــن عمليـــة Topology جدول يسمىPat أو (Polygon Attribute table) ، الخرائط ذات الرموز الخطيـــة ينشأ جدول يسمى AAT (Arc Attribute Table) والخرائط ذات الرموز النقطـــة ينشأ جدول يسمى pat (point Attribute Table) .

وتم الحصول على الرئيسى الفضائية Landsat TM بدرجـة وضـوح ، 30x30 meter وتتألف من 6 Band وكانت مصححة rectified ، وتم ضبطها مـع إحداثيـات الطبقـات السابقة حيث وجدت بعض الزحزحة البسيطة .

ويتألف نظام المعلومات الجغرافية بحوض وادى وتير معه خمسة مشاريع هى:

1- **Getting Started**
2- **Basin and Network**
3- **Geology**
4- **Hydrology**
5- **Applied.**

المشروع الأول Getting Started

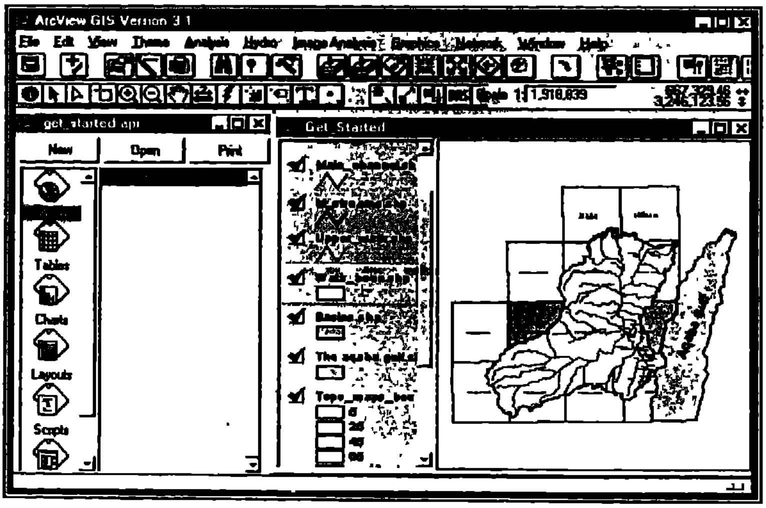
ويتألف من عدة طبقات هى :

١- حجرى وادى وتير الأدنى .
٢- مجارى الروافد الرئيسية .
٣- مجرى وادى وتير الأعلى .
٤- حدود حوض التصريف.
٥- حدود أحواض الروافد .
٦- خليج العقبة .
٧- مرئية فضائية للمنطقة .
٨- حدود الخرائط المستخدمة

1- Main Channel.
2- Main Streams.
3- Upper watir Channel.
4- Watir boundary.
5- Basins boundary.
6- Aqaba Gulf.
7- Study Area Image.
8- Topo–Maps Boundaries.

وجدير بالذكر أن كل طبقة أو خريطة Theme من الخرائط السابقة ترتبط بقاعدة بيانات خاصة بها ، فعلى سبيل المثال فإن خريطة أحواض الروافد ترتبط بالجدول التالى

Basin id	Area (km2)	Perimeter (km)	Name
1	33.6	12.33	Nakhil



أما المرئية الفضائية فلا ترتبط بجدول معين حيث أنها تتألف من مجموعة المربعات pixel وكل مربع له ٦ أرقام فى كل Band رقم ، ولا يستطيع المستخدم إلا أن يرى ٣ band وهى RGB (Red, Green, Blue) .

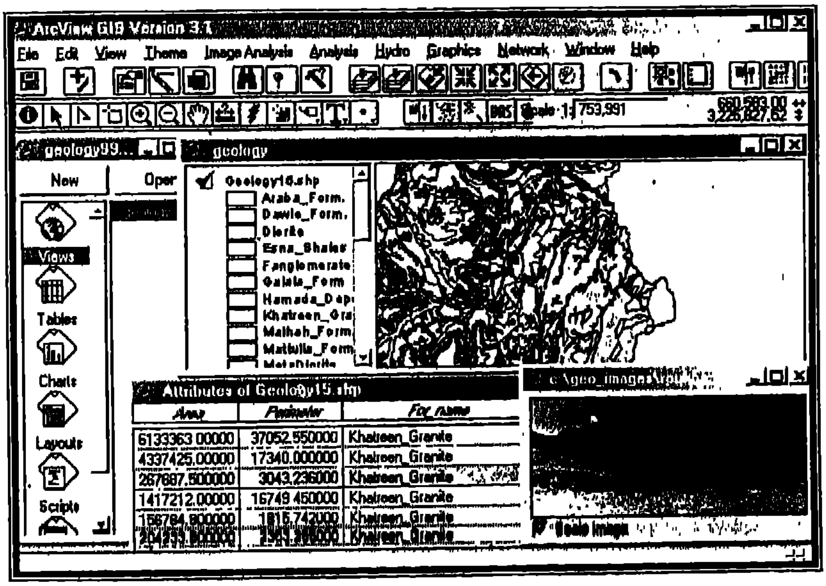
المشروع الثانى Geology

ويتألف من الطبقات التالية :

١- التكوينات الجيولوجية ٢- الصدوع ٣- نطاق حول الصدوع	1- Geology (formation) 2- Faults 3- Buffer around faults (1km)[1]
٤- الطبقات الرئيسية لأحواض الروافد والمجارى الرئيسية	

وقد تم استخدام خاصية Hot link لعرض بعض الصور الفوتوغرافية لأنواع من التكوينات الجيولوجية بمجرد الضغط عليها بالفأرة mouse .

كذلك فقد تم عمل و Buffer حول الصدوع فى نطاق ١ كم وذلك لتحديد الأماكن الأكثر تأثيرا بالصدوع.



---

(١) ال Buffer Zone هى مساحة من الأرض تحقق شرط معين

المشروع الثالث Basin & Network

ويتألف من عدة طبقات themes هي :

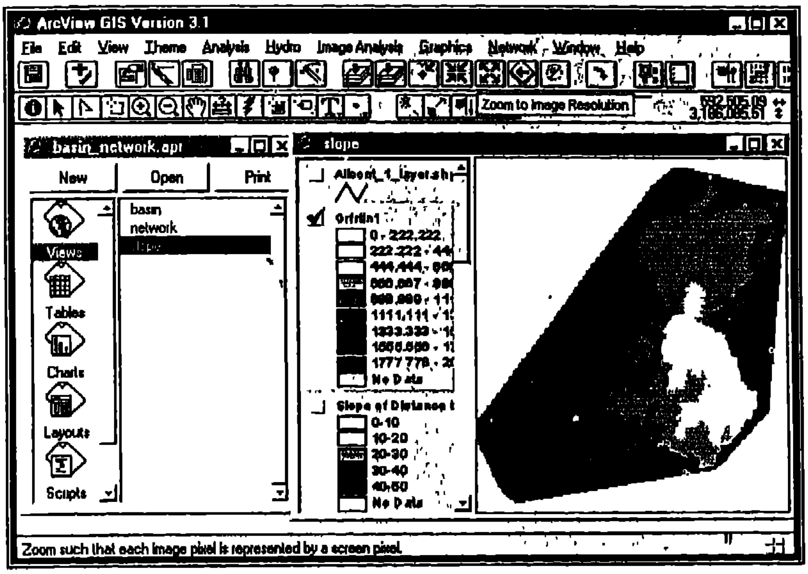
١- المرحلة الجيومورفولوجية	1- Geomorphological Stage
٢- خطوط الكنتور	2- All. Contours
٣- معامل الشكل	3- Form Factor
٤- الاستطالة	4- Elongation
٥- مساحة الأحواض	5- Basin Area
٦- نسبة الاستدارة	6- Circulation
٧- درجة الانحدار	7- Slope degree
٨- نسبة الانحدار	8- Slope Percentage

أما View 2 (Net work) فيتألف من الطبقات التالية :

١- أعداد المجارى.	1- Stream Number
٢- إجمالى أطوال المجارى.	2- Total stream Length
٣- نسبة التشعب.	3- Bifurcation Ratio
٤- نسبة النسيج الطبوغرافي.	4- Texture Ratio
٥- معدل بقاء المجارى.	5- Maintenance
٦- تكرارية المجارى.	6- Frequency
٧- كثافة التصريف.	7- Drainage Density
٨- التحليل العنقودى للروافد	8- Cluster Analysis
٩- الطبقات الرئيسية (حدود الأحواض والمجارى الرئيسية)	9- Main Themes

أما view 3 (Slope) فيتألف من الطبقات التالية :

١- خطوط الكنتور	1- All contour
٢- درجة الانحدار	2- Slope degree
٣- المسافات بين خطوط الكنتور	3- Distance
٤- اتجاهات الانحدار	4- Aspects



وقد تم تحويل خريطة خطوط الكنتور إلى شبكة Grid تتألف من مجموعة من المربعات أبعادها ١٠٠X١٠٠ متر ، وقد تم استخراج درجات الانحدار واتجاه الانحدار والمسافات بين خطوط الكنتور باستخدام الـ Grid السابقة .

وقد تم استخدام خريطة الانحدارات فى تحديد الأجزاء التى تقل درجة انحدارها عن ١٠ درجات واستخدامها فى المشروع التطبيقى Applied.

المشروع الرابع Hydrology

ويضم هذا المشروع عدة Veiws هى :

١- مواقع المحطات المناخية Location of Climate Stations

ويضم الطبقات التالية :

- حدود حوض التصريف Basin boundary
- حدود شبه جزيرة سيناء Sinai Boundary
- المحطات المناخية .

٢- المطر Rainfall

ويضم الطبقات التالية :

- المحطات المناخية stations
- خطوط المطر التساوى Isohayts
- كمية المطر الساقطة على الحوض Basin Rainfall
- كمية الأمطار الساقطة أحواض الروافد Basins' Rainfall

- متوسط المطر السنوى Average Rainfall

وقد تم الحصول على بيانات المطر بعد إتمام عملية Interpolation لتحديد عناصر المطر فى حوض التصريف

٣- التبخر والتسرب Evaporation & Infiltration

ويضم الطبقات التالية :

١. المحطات المناخية Stations
٢. خطوط البخر التساوى Evapo
٣. خطوط المطر المتساوى Isohayts
٤. التبخر فى أحواض الروافد Basin–Evapo
٥. التسرب اليومى حسب التكوينات الجيولوجية Daily Infiltration
٦. التسرب اليومي فى أحواض الروافد total Daily infiltration for basin
٧. زمن التركيز time concentration
٨. سرعة الجريان velocity
٩. زمن التباطؤ Lag Time

وقد تم الحصول على بيانات التبخر بعد إجراء عملية Interpolation للبيانات الخاصة بالتبخر كل محطة من المحطات الخمسة المختارة ، ثم إجراء عملية Intersection لقصر هذه البيانات على حوض التصريف .

أما بيانات التسرب فقد تم حسابها من خلال نوع التكوينات الجيولوجية وخريطة أحواض الروافد ثم أجريت عملية التقاطع لمعرفة الكمية التى يمكن تسربها داخل كل حوض من أحواض الروافد .

المشروع الخامس The Applied project

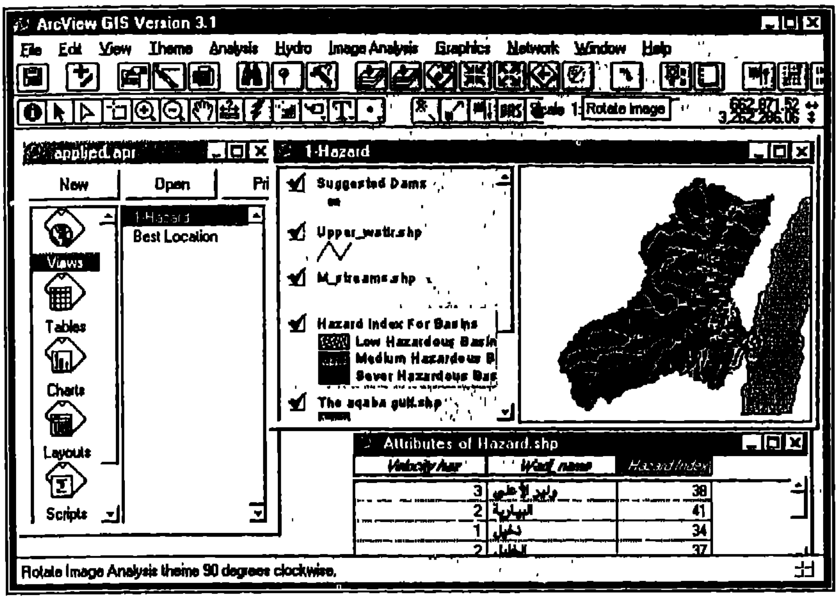
ويتألف هذا المشروع من 2 Views هما:

<u>درجات خطورة أحواض الروافد :</u>

ويضم الخرائط التالية

- مؤشر الخطورة للأحواض Hazard index
- **بعض السدود المقترحة Suggested Dams**
- أحواض الروافد Basins

بالإضافة إلى الطبقات الرئيسية (المجارى – وتير الأدنى – وتير الأعلى) .



وقد تم الحصول على مؤشر الخطورة باستخدام ١٧ متغيراً موضحه بالجدول المرتبط بخريطة مؤشر التصحر ، وقد أعطى كل متغير رقم من ١-٣ وهناك بعض المتغيرات التى قام الطالب بإعطائها وزن اكبر More weight وذلك لأهميتها فى تحديد درجات الخطورة وهذه المتغيرات هى - أعداد المجارى - إجمالي أطوال المجارى - كثافة التصريف ، وبناء على ذلك فقد تراوح مؤشر الخطورة للأحواض بين ٣١ - ٤١.

وتمثلت الأودية الأكثر خطورة فى أودية الزلقة ووتير الأعلى وصممغى ، وتراوحت بقية الأودية بين متوسطة ومنخفضة الخطورة .

وبناء على ذلك يقترح الطالب عدم إقامة تجمعات عمرانية عند مصبات هذه الأودية ، بالإضافة إلى إقامة بعض السدود على الروافد العليا الرئيسية للأودية الثلاثة المذكورة لتقليل سرعة اندفاع المياه أثناء حدوث السيول ، ويمكن كذلك الاستفادة من هذه السدود فى تخزين المياه أمامها ، وهناك خطة بالفعل تنفذها وزارة الأشغال العامة والموارد المائية لإقامة ١٧ سداً على روافد وادى وتير ولكن كثير من هذه السدود لم يتم اختيار موقعه بعناية ومن ثم فإن الطالب يعتقد انه لابد من إعادة لنظر فى مواقع هذه السدود .

٢- أماكن الاستصلاح الزراعى Best location

وقد استخدمت عدة طبقات وهى

١- الرواسب السطحية	Surface deposits
٢- الانحدار	Slope Degree Less than 10°
٣- النطاق المحيط حول الآبار (١ كم)	Well (1/km) –Buffer
٤- التجمعات العمرانية	Settlement

٥- القمم الجبلية Peaks

٦- الدروب Tracks

٧- الطرق الرئيسية Main Roads

٨- النطاق المحيط حول الآبار (٣كم) Buffer well (3km)

٩- الآبار Wells

١٠- البؤر الزلزالية Earthquakes

١١- النطاق المحيط حول الزلازل Earthquakes (1km)-Buffer

١٢- النطاق المحيط حول الصدوع Buffer fault (1/km)

وقد خضعت عملية اختيار انسب الأماكن الصالحة للزراعة لعدة معايير هي :

أ - أن تتألف الرواسب السطحية من رواسب المراوح أو رواسب الأودية .

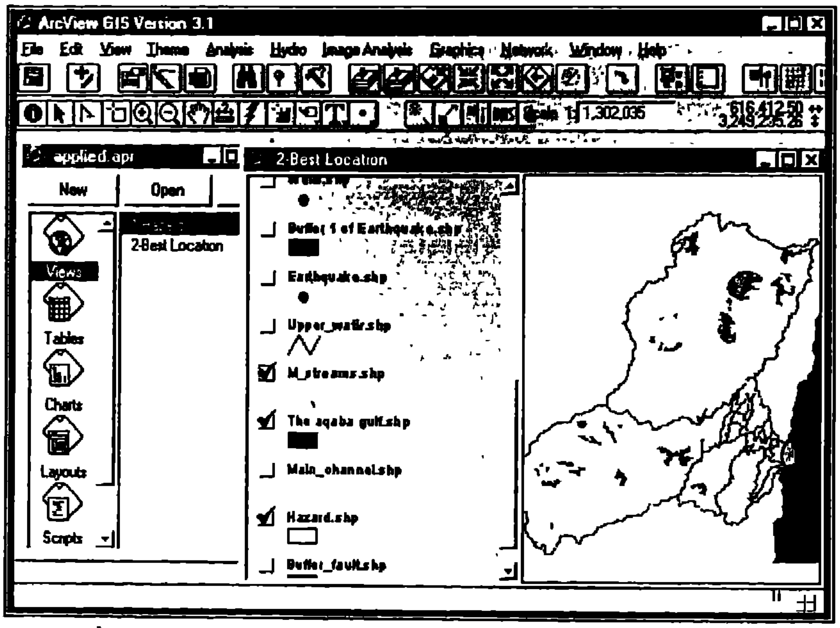
ب - أن تكون الأرض المقترحة توجد في نطاق ٣ كم حول الآبار الموجود لسهولة نقل المياه

ج - ألا تبعد المناطق المقترحة عن الصدوع النشطة بحوالي ١ كم .

د - أن يكون الانحدار اقل من ١٠ درجات

١- ألا تبعد الأماكن المقترحة عن الطرق والدروب بحوالي ٥ كم .

وجدير بالذكر أنه كلما زادت الشروط المطلوب قلت الفرصة لتحقيق كل هذه الشروط المجتمعة .



وبعد تطبيق الشروط السابقة أمكن تحديد المساحات التي تحققها وتمثلت هذه الأماكن في عدة مواضع هي : -

١- بلتا وادى وتير .

٢- ثلاث مناطق فى النطاق الشمالى فى الحوض (وادى الشعيرة - الحيثى - سعدي)

٣- بعض البقع الصغير فى جوض وادى الزلقة وغزالة.

ويعتقد الطالب أن يمكن الاستفادة من هذه الأماكن بتطبيق طرق مختلفة لزراعتـــها وريـــها واختيار أنسب المحاصيل التى يمكن أن تجود زراعتها بالمنطقة وهذا يحتاج إلى اســـتطلاع رأى الخبراء الزراعيين .

وخلال الدراسة الميدانية تعرف الطالب على بعض المزارع التى أقيمت فى وادي الشـــعيرة (إحدى المناطق التى حققت الشروط السابقة) ، وقد أقامت هذه المزارع جامعة قناة الســـويس ، وتبلغ مساحة هذه المزرعة فى الوقت الحاضر نحو ١٣٥ فدان منها نحو ٩٥ فدان زرعـت بأشجار الزيتون ، ٣٠ فدان موالح ، ١٠ أفدنه محاصيل حقلية ، وقد أقيمت محطات لرفـــع المياه من ثلاث آبار بالمنطقة ، وتحتاج هذه المزرعة لمزيد من الاهتمام حتى تحقق الأهداف المرجوة .

الخاتمة والتوصيـــات

يقع حوض وادى وتير فى القسم الجنوبى الشرقى لشبه جزيرة سيناء وتبلغ مساحته نحو ٣٥٩٣كم٢ وهو بذلك يعتبر أكبر الأودية التى تصب فى خليج العقبة، ويجرى الوادى فى اتجاه عام من الشمال صوب الجنوب عكس الميل العام للطبقات ، ويحيط بالوادى أحواض الجرافي والعريش وسدري وفيران ودهب وبعض الأودية الصغيرة التى تصب فى خليج العقبة كما يتسم حوض التصريف بوقوعه ضمن النطاق الجاف وبالتالى يتسم بسمات المناخ الصحراوى حيث يتسم بكبر المدى الحرارى اليومى والسنوى كذلك يتسم المطر بعد انتظام فترات سقوطه كما تختلف كميته من عام لآخر.

يتألف حوض التصريف من الصخور النارية والمتحولة والتى تغطى مساحتها نحو ١٨٪ من إجمالى مساحة الحوض ، وتتمثل هذه التكوينات بصورة رئيسية فى جرانيت كاترين وجرانيت رحبه ، أما الصخور المتحولة فأهم أنواعها النايس والنايس ديوريت ، وتتركز الصخور النارية والمتحولة فى الجزء الجنوبى والشرقى من الحوض حيث تتسم هذه المنطقة بتضرسها وشدة وعورتها .

وتشغل الصخور الرسوبية نحو ٧٣٪ من إجمالى مساحة المنطقة أى تشغل نحو ثلاث أرباع سطح حوض التصريف ، وتتركز فى الجزء الأوسط والشمالى وتتألف هذه الصخور بصورة رئيسية من تكوينات الحجر الرملى المتمثلة بصورة رئيسية فى تكوينات عربة وناقوس ورقبة ومالحة ثم تكوينات الحجر الجيري المتمثلة فى تكوينات ضوى وسدر وعجمة والمقطم وبعض التكوينات الأخرى .

تشغل رواسب الزمن الرابع نحو ١٤٪ من إجمالى مساحة المنطقة ويتمثل فى رواسب قيعان الأودية والمراوح الفيضية والدرجات النهرية ورواسب الكثبان الرملية، وعلى الرغم من قلة المساحة التى تشغلها هذه الرواسب إلا أنها من أكثر التكوينات من حيث طاقتها التسربية نتيجة لأنها تتألف من رواسب مفككة تعمل على تسرب المياه بكميات كبيرة.

لعبت البنية الجيولوجية دورا مؤثرا فى نشأة وتطور حوض وادى وتير وشبكة تصريفه ، إذ تأثر حوض التصريف بعمليات التصدع التى أصابت المنطقة ، وقد بلغ عدد الصدوع التى تزيد أطوالها عن ١كم نحو ٥٨٥ صدع يتركز أغلبها فى الجزء الجنوبى والشرقى .

وتأخذ الصدوع بصفة عامة الاتجاه الشمالى الغربى والشمالى الشرقى وقد أثرت هذه الاتجاهات على اتجاهات المجارى التى تتركز فى الاتجاهين السابقين ، كذلك فقد أثرت الصدوع على أعداد المجارى وأطوالها ، كما انطبعت العديد من المجارى فوق الخطوط الصدعية وقد ظهر تأثير الصدوع فى صورة جوانب شديدة الانحدار وقيعان قليلة الاتساع،

وقد تأثر الوادى الرئيسى ببعض الصدوع التى تأخذ اتجاهات مختلفة ونتج عنها تغيير الوادى لاتجاهاته فى القطاع الأدنى من حوض التصريف .

كما ظهر أثر الصدوع فى ظهور بعض الأشكال البنيوية مثل الحافات الصدعية والهوجباك والكويستات ، وعلى الرغم من انتشار الصدوع وتأثيرها على حوض التصريف إلا أن الدراسة قد سجلت بعض الطيات المقعرة والمحدبة فى النطاق الشمالى من حوض التصريف وهى طيات صغيرة قليلة الامتداد وربما تكون نشأتها صدى لعمليات التصدع التى أصابت المنطقة.

أظهرت دراسة التطور الجيولوجى لحوض التصريف أن المنطقة كانت جزءا من الكتلة العربية النوبية حيث تعرضت هذه الكتلة لعمليات النحت والإرساب وربما يكون قد حدث غمر بحرى تكونت خلاله تكوينات ناقوس وعربة الرملية، وبعد ذلك وخلال الكريتاسي تعرضت المنطقة لغمر بحرى على نطاق واسع أدى إلى ترسيب تكوينات مالحة وجلاله وضوى وغيرها وقد غطت هذه التكوينات معظم أجزاء الحوض، وبداية من الأوليجوسين شهدت المنطقة حركة رفع تكتوني نتج اندفاع الصخور النارية والصهير البركانى، كما قطعت المنطقة العديد من الصدوع ونشأ خليج العقبة، وبالتالى اختلف الانحدار العام للمنطقة فأصبح من الشرق نحو الغرب بصفة عامة بعد أن كان من الجنوب إلى الشمال.

وخلال الزمن الرابع تأثرت المنطقة بالتغيرات المناخية وخاصة الفترات المطيرة التى عملت على تكوين رواسب المدرجات النهرية ، وربما يكون الجزء الأدنى من الوادى قد تأثر بذبذبات سطح البحر وتكوين بعض المدرجات النهرية على جانبي وادى الصعدة البيضا، وقد ساد الجفاف بحلول الهولوسين ونشطت عمليات التجوية وأصبحت الأمطار لا تسقط إلا فى صورة سيول فجائية غير منتظمة.

يتألف حوض التصريف من ١٩ رافدا تصب فى الوادى الرئيسى (وتير الأدنى) ويعد واديا الزلقة ووتير الأعلى أكبر روافد الحوض حيث يشغلان نحو أكثر من ٨٠٪ من مساحة حوض التصريف، وتتسم أحواض الروافد تتباين مساحاتها ولكن بصفة عامة يمكننا القول بأن الروافد الصغيرة تتركز فى النطاق النارى الجنوبى بينما تتركز الروافد الكبيرة فى النطاق الشمالى والغربي من الحوض .

- تبلغ متوسط درجة انحدار نحو ١,٧ درجة وتتدرج الانحدارات بصورة عامة من الشرق إلى الغرب ومن الجنوب إلى الشمال ، وتتركز الحافات شديدة الانحدار فى القسم الجنوبى والشرقى من الحوض.

من خلال دراسة المنحنى الهبسومتري لوادى وتير تبين أن الحـوض يمـر بمرحلـة النضج بينما تتراوح أحواض الروافد بين الشباب والنضـج ، ولكـن اتضـح مـن الدراسـة التفصيلية أن القسم الجنوبى من الحوض يتسم بكل خصائص مرحلة الشباب حيث تتسم الأودية بشدة انحداراتها وظهور جوانبها على شكل حرف V ، كما تتسم بأنها أودية قصيرة ومعظـم حمولتها من الرواسب كبيرة الحجم ، ولا تكون الأودية مراوح متسعة وإنمـا هـى مـراوح صغيرة قليلة الامتداد ، أما أودية القسم الشمالى فتتسم باتساعها وقلة انحدارها وقد اسـتطاعت هذه الأودية أن تكون مراوح متسعة المساحة .

من خلال التحليل العنقودى لمتغيرات أحواض التصريف اتضح أن الأودية الجنوبيـة الصغيرة تميل إلى تكوين مجموعة واحدة نتيجة لتشابه خصائصـها وأبعادهـا المورفومتريـة بينما يمثل الأودية الشمالية (الزلقة ووتير الأعلى) إلى تكوين مجموعة واحدة ، وتقـع أوديـة غزاله والصعدة البيضا والسمرا فى مجموعـة واحـدة نتيجـة لتقاربـهما فـى الخصـائص المورفومترية .

أثرت الخصائص الليثولوجية والبنيوية على شبكة التصريـف مـن حيـث أعدادهـا وأطوالها ، وقد بلغت أعداد المجارى بالحوض نحو ٥٥٧٠٠ مجرى ويصل وادى وتير إلـى الرتبة التاسعة بعد التقاء رافديه الكبيرين الزلقة ووتير الأعلى (الرتبـة الثامنـة) ، وتسـتأثر مجارى الرتبة الأولى والثانية بنحو أكثر من ٩٥٪ من إجمالى إعداد المجارى وربمـا يرجـع ذلك إلى سيادة عمليات التجوية وقله النبات الطبيعى .

وتتسم مجارى شبكة التصريف بقلة أعدادها بزيادة الرتبة النهرية تبعا لمتوالية هندسـية عكسية .

كما تتسم المجارى بقلة متوسط أطوالها فى الرتب الأقل وزيادة متوسط الطـول فـى الرتب الأعلى فى صورة متوالية هندسية طردية ، ويزيد إجمالى أطوال المجارى فى الرتـب الأقل فى صورة علاقة هندسية عكسية ، كذلك تتسم المسافات بين المجارى بزيادتـها بزيـادة الرتبة النهرية .

وقد تأثرت اتجاهات المجارى بنظم الصدوع والفواصل المنتشرة بـالحوض والاتجـاه السائد هو الشمالى الشرقى والشمالى الغربى .

بلغت كثافة التصريف نحو ٧كم/كم٢ وتتفاوت فى أحواض الروافد بين ٥-٨ كم/كـم٢ وقد تأثرت كثافة التصريف إلى حد بعيد بنوع.الصخر ودرجة الانحدار، ولكن يمكـن القـول بأن الكثافة التصريفية للحوض منخفضة مما يشـير إلـى أن الحـوض لـم يكمـل دورتـه الجيومورفولوجية ولكن هذا يختلف من منطقة إلى أخرى داخل حوض التصريف.

نتيجة لاختلاف الوحدات الصخرية وتأثير البنية الجيولوجية فقد ظهرت بحوض التصريف أنماط تصريفية مختلفة حيث ظهر النمط الشجرى فى أغلب أجزاء الحوض ، بينما يظهر النمط المستطيل فى القسم الشرقى من الحوض وذلك نتيجة لانتشار الصدوع بكثرة فى هذا الجزء وكثير منها يأخذ زوايا متعامدة ، كذلك فقد ظهر نمط التصريف المتوازى فى الأجزاء الشمالية والشمالية الغربية من الحوض ، كما توجد بعض الأنماط لأخرى مثل النمط الإشعاعى والمتشابك والمركزي والحلقى .

من خلال دراسة العلاقة بين اتجاهات المجارى وميل الطبقات اتضح أن أغلب مجارى الحوض مجارى تالية أى أنها تتعامد مع اتجاه ميل الطبقات وبعضها مجارى عكسية ويجب أن نشير إلى أن وادى وتير نفسه يعتبر واديا عكسيا إذ أنه يجرى من الشمال إلى الجنوب على عكس الاتجاه العام لميل الطبقات .

من خلال دراسة العلاقات بين متغيرات حوض التصريف والشبكة تبين أن العوامل الجيولوجية تلعب دورا كبيرا فى تحديد خصائص الأحواض وخصائص شبكتها التصريفية ويتمثل العامل الجيولوجي بصورة رئيسية فى نوع الصخر والبنية، كذلك فقد كان لعامل الانحدار دورا فى نشأة وتطور المجارى النهرية، وقد لعب المناخ دورا مؤثرا فى نشأة شبكة التصريف فلولا الأمطار التى كانت تسقط خلال البليستوسين ما تكونت شبكة التصريف وأخيرا فإن المرحلة الجيومورفولوجية قد حددت بصورة كبيرة خصائص شبكة التصريف من حيث أعدادها وأطوالها ومن حيث كمية الرواسب التى تحملها هذه المجارى .

اتضح من خلال دراسة الخصائص الهيدرولوجية التصريف أن كمية الأمطار السنوية تبلغ نحو ١٣٨ مليون متر٣ ، وقد بلغ المتوسط السنوى نحو ٣٨مم/سنويا وتختلف هذه الكمية من وقت لآخر ومن مكان لآخر ، فربما تمر عشرات السنوات ولا تسقط أية أمطار على الحوض وربما تسقط أضعاف الكمية المذكورة فى أحد الأيام فقط ، ولذلك فإن دراسة المطر فى الأودية الصحراوية بمصر يعد من الموضوعات المحفوفة بالمخاطر نظرا لعدم توفر بيانات تفصيلية مستمرة لفترة طويلة حتى يمكن قياس تكرارية سقوط المطر بدقة .

تتسم الأمطار بزيادتها فى الجزء الغربى والجنوبى الغربى من الحوض حيث توجد **أعلى الارتفاعات وقد سجلت محطة سانت كاترين أكبر كمية سقطت وبلغت نحو ٦٣مم،** وتتركز الأمطار (فى حال سقوطها) فى فصلى الخريف والشتاء وخاصة فى شهر نوفمبر.

- تصل كمية المياه التى من الممكن أن يفقدها الحوض بالتبخر نحو ١٦,٨ مليار م٣ أما المياه المتوقع تسربها فتبلغ نحو ٧٢ مليار م٣ سنويا وهذه الأرقام تشير إلى انعدام فرصة الجريان السطحى ولكن على الرغم من ذلك فإن الجريان السطحى يحدث عند سقوط

المطر، حيث يتسم المطر بتركزه فى فترة زمنية قصيرة وبكميات كبيرة تفوق كل من معدلات التبخر والتسرب وبالتالى يحدث الجريان.

وتلعب الخصائص المورفومترية لأحواض الروافد دورا ملحوظا فى تحديد الجريان السطحى وخاصة مساحة الحوض ولكن ذلك ليس بصورة مطلقة فقد تتركز العاصفة المطيرة على مساحة صغيرة من الحوض ولا تغطية بأكمله ، أما أعداد المجارى وكثافة التصريف فإنها تمثل عاملا مهما فى تحديد حجم الجريان السطحى، ولكن كل هذه العوامل تصبح بلا قيمة مع عدم سقوط المطر .

اتضح من خلال دراسة منحدرات جوانب الوادى أن الانحدارات المستوية (صفر -٢°) تشكل نحو ٣٨٪ من إجمالى أطوال القطاعات المقاسة وترتفع هذه النسبة فى قطاعات الجزء الأعلى من الوادى حيث تشكل نحو ٤٦,٥٪ ، بينما تقل الانحدارات المستوية والخفيفة على قطاعات الجزء الأدنى من الوادى حيث سجلت نحو ٣٤,٦ ٪ من إجمالى أطوال القطاعات المقاسة .

وقد أظهرت دراسة معدلات التقوس سيادة نسبة العناصر المحدبة حيث بلغت نسبتها نحو ٥١٪ تليها العناصر المقعرة بنسبة ٣٩,٥٪ وأخيرا العناصر المستقيمة بنسبة ٨٪ تقريبا وقد بلغ معد التقوس العام لمنحدرات جوانب الوادى نحو ١,٢٨.

تزيد نسبة العناصر المستقيمة فى القطاع الأعلى من الوادى حيث بلغت نسبتها نحو ١١٪ فى حين بلغت نحو ٤٪ فقط على جوانب القطاع الأدنى ، وهذا يظهر إلى حد بعيد دور العوامل الجيولوجية والبنية فى اختلاف انحدارات الجزء الأدنى (النارى) مقارنة بانحدارات القطاع الأعلى من الوادى (الرسوبى) .

تنتشر على جوانب الوادى مجموعة مختلفة من المنحدرات أهمها منحدرات الجروف المقعرة والمنحدرات السلمية ثم المنحدرات المحدبة المقعرة والمنحدرات السلمية، وإلى جانب الأشكال السابقة توجد بعض أشكال المنحدرات الثانوية الأخرى .

وقد تبين من خلال دراسة منحدرات جوانب الوادى بأن هناك مجموعة من العوامل التى تسهم فى تشكيل المنحدرات وأهمها:

- العوامل الجيولوجية حيث تميزت المنحدرات فى القطاع الأدنى بالانحدارات الشديدة ، وعلى الجانب الآخر نجد أن القطاعات التى تم رفعها فى مناطق الصخور الرسوبية فإنها تتسم بقلة انحدارها وظهورها فى صورة تتابعات من المحدبات والمقعرات ، وقد تعرضت هذه المنحدرات لعمليات التخفيض لفترات طويلة ونتج عن ذلك اتساع قاع الوادى فى القطاع الشمالى.

كما كان للبنية الجيولوجية دورا مؤثرا على منحدرات جوانب الوادى فأينما تكثر الصدوع والفواصل وتتسم المنحدرات بشدة انحداراتها وظهور الجروف الرأسية كما اتضح عند دراسة قطاعات الجزء الأدنى من الوادى.

أما المياه فإنها تعد من أهم عوامل تشكيل سطح المنطقة بصفة عامة ومنحدرات جوانب الوادى بصفة خاصة ، وتعمل المياه على تقطيع منحدرات القطاع الأدنى حيث تنتشر المسيلات بكثرة على جوانب الوادى .

أما المسيلات الموجودة على جوانب القطاع الأعلى فإنها تعمل على تراجع جوانب الوادى كما أنها تنقل كميات كبيرة من الرواسب .

- وتعمل الرياح على صقل بعض المنحدرات كما أنها تعمل على ترسيب بعض الأشكال الرملية على جوانب القطاع الأعلى من الوادى ، وتعتبر التجوية بنوعيها من أكثر العمليات الجيومورفولوجية انتشارا على جوانب الوادى ، كما يظهر أثر المياه فى صورة فعل زخات المطر والغسل السيلي خاصة مع حدوث السيول القوية.

وتنتشر بعض الأشكال الجيومورفولوجية المرتبطة بتطور المنحدرات مثل التلال المنعزلة والشواهد الصخرية حيث رصدت بعض التلال المتخلفة عن تراجع الحافات ، كما تنتشر رواسب ركام الهشيم على جوانب الوادى وخاصة فى المواضع التى تشغلها السدود الرأسية فى القطاع الأدنى من الوادى ، وتوجد أيضا بعض أشكال الانهيار الأرضى والسقوط الصخرى وخاصة فى مناطق الضعف الجيولوجي .

وقد أظهرت دراسة الأشكال الأرضية ، أن حوض التصريف يضم تنوع واضح للأشكال الجيومورفولوجية وربما يكون ذلك ناجما عن تباين الوحدات الصخرية وتأثير البنية وكذلك التطورات الجيولوجية والجيومورفولوجية التى شهدها حوض التصريف ، وتعتبر الأشكال ذات الأصل البنيوي ذات تأثير كبير على بقية الأشكال ، وأهمها الحافات الصدعية التى تنتشر على الجوانب الشرقية والجنوبية لحوض التصريف وتتسم هذه الحافات بشدة انحدارها وظهورها على هيئة جروف رأسية فى كثير من الأحيان ، كما تنتشر بعض الحافات الثانوية متمثلة فى جوانب بعض أحواض الروافد .

وتنتشر الكويستات على الجوانب الغربية لحوض التصريف متمثلة فى حافة هضبة العجمة التى تنحدر انحدارا شديدا صوب حوض التصريف كما تنتشر ظهور الخنازير كصدى واضح لعمليات التصدع كما توجد بعض الالتواءات المحدبة والمقعرة .

وتتسم الظاهرات الناتجة عن التعرية النهرية بعظم انتشارها بالحوض وتتمثل أساسا فى شبكة التصريف والمراوح الفيضية التى يمكن تقسيمها إلى المراوح الجبلية الموجودة فى القطاع الأدنى من الوادى والمراوح المتسعة فى الجزء الأعلى من الوادى والمراوح المركبة

التى تكونت فوق دلتا وتير، ويتسم كل نمط من الأنماط السابقة بخصائص مورفومترية ومورفولوجية تختلف عن النمط الأخر ، كما تتسم المراوح بظهور بعض الأشكال الجيومورفولوجية فوق أسطحها مثل قنوات النحت والجزر الرسوبية .

يعتبر النمط المتعرج من أكثر أنماط الأودية شيوعا بحوض التصريف أما النمطان المستقيم والمنعطف فيتمثلان فى بعض قطاعات الأودية ، بينما يتركز النمط المتشعب فى الجزء الشمالى من الحوض حيث تقل درجة الانحدار بصورة كبيرة .

تم رصد عدد من المدرجات النهرية على جانبي وادى وتير وروافده على مناسيب (٣، ٦، ٩، ١٥، ٣٠ متر) وتتميز المدرجات الأقل منسوبا بعظم انتشارها بعكس المدرجات الأعلى منسوب التى سجلت فى مواضع محدودة نظرا لتأثير عوامل التعرية عليها .

وربما تكون مدرجات الوادى قد نشأت بسبب التغيرات المناخية واختلاف كمية المطر من فترة لأخرى خلال الزمن الرابع.

- تمثل دلتا وادي وتير أكبر مظهر رسوبي بالمنطقة وتشغل مساحة تقدر بنحو ٢٤كم٢ وهي بذلك تعد ثاني أكبر دالات خليج العقبة بعد دلتا وادي كيد ، وقد تكونت الدلتا في معظمها على حساب البحر وتمثل بروز واضح فى خط الشاطئ صوب البحر ، وتتراوح درجة انحدارها بين ٢ - ٣ درجة ولكن الانحدار يصبح لطيفا بالاقتراب من خط الشاطئ ، وتنتشر فوق دلتا بعض الكثبان الرملية في الجزء الشمالي ، كما تنتشر السبخات فى جزئها الجنوبى ، أما المجاري المتشعبة فإنها تتركز في الجزء الأوسط من الدلتا.

وعلى الرغم من قلتها فإن الأشكال ذات الأصل الهوائي تتركز في القسم الشمالي من حوض التصريف وتتمثل في بعض أشكال الكثبان الصاعدة والرمال المنجرفة كأشكال إرساب أما أشكال النحت فتتمثل فى الموائد والشواهد الصحراوية كما توجد بعض الكهوف في كل من الصخور النارية والجيرية ، وتمثل سهول البيدمنت وأسطح التعرية أهم الأشكال ذات الأصل التحاتى بالحوض.

التوصيات:-

يقترح الطالب بعض التوصيات التى قد يفيد منها الباحثون والمخططون وتتلخص هذه التوصيات فيما يلى :

من الناحية البحثية :-

- يقترح الطالب إجراء مزيد من الدراسات الجيومورفولوجية على شبه جزيرة سيناء وخاصة أوديتها باعتبار موارد المياه من أهم معولات التنمية.

- يقترح الطالب استخدام تقنية نظم المعلومات الجغرافية في الدراسات الجيومورفولوجية بصفة عامة ودراسات الأودية بصفة خاصة حتى يمكن إنشاء قواعد بيانات جغرافية متكاملة يسهل تقديمها إلى متخذي القرار للقيام بالتنمية الشاملة.
- يجب عمل قواعد بيانات جغرافية لجميع أحواض التصريف التي درست والتي سيتم دراستها في المستقبل وعمل تصنيف لهذه الأحواض باستخدام البرامج الإحصائية المتقدمة وتحديد درجات الخطورة لكل حوض بناءا على معايير واحدة ووضع هذه البيانات والمعلومات على شبكة الإنترنت حتى يتسنى لجميع الهيئات المسئولة الإطلاع عليها في يسر ومن الممكن تحديث هذه البيانات باستمرار لكي تكون عونا للمسئولين.

أما التوصيات التخطيطية فتتلخص فيما يلي:-

١-إنشاء بعض السدود الركامية على الروافد الخطرة مثل أودية قديرة والصوانة وغليم وسرطبة ، وقد تنبهت الأجهزة المعنية بخطورة وادي وتير وقررت إنشاء ١٧ سدا على أحواض الروافد ولكن بعض هذه السدود لم يتم اختيار موقعه بطريقة موضوعية ولذلك فلابد من إعادة النظر في مواقع هذه السدود .

٢-عمل محطات إنذار عند نقطة الثمد والشيخ عطية ومدينة نويبع حتى يتم التحكم في الطريق ، وإغلاقه عند توقع حدوث السيول وهذا لن يتأتى إلا بإنشاء شبكة من محطات الرصد المناخي تغطي جميع أجزاء الحوض، حيث لا توجد محطة أرصاد مناخية واحدة داخل حوض التصريف حتى إعداد هذه الدارسة .

٣-يقترح الطالب إنشاء مخر سيل متسع فوق دلتا وتير وذلك حتى لا يتم قطع الطريق الرئيسي وربما يكون من المفيد إنشاء كوبري علوي في منطقة مخرج الوادي تفاديا لتدمير الطريق أثناء حدوث السيول .

٤-ربما يكون من المفيد إقامة قناة مائية بجوار الطريق الرئيسي الذي يخترق وادي وتير لتصريف مياه السيول الضعيفة والمتوسطة ولكن قد يواجه ذلك بعض المشكلات خاصة في المناطق التي يضيق بها الوادي ولكنها ستمنع تدمير الطريق بأكمله .

٥-يقترح الطالب عمل تقدير واضح لكمية المياه الجوفية الموجودة بالحوض وكيفية الاستفادة بها ، خاصة وقد نشأت بالفعل بعض المزارع التي تعتمد على مياه الجوفية في الجزء الشمالي من الحوض وخاصة في حوض الحيثى والبطم والشعيرة ولكن ينبغى تعميم هذه التجربة فى أماكن أخرى .

٦-ينبغي الأخذ في الاعتبار الكود الزلزالي عند إنشاء المباني فوق دلتا وتير حيث أن المنطقة نشطة جدا تكتونيا وينبغي ألا تزيد ارتفاعات المباني عن دورين فقط ، وربما يكون من الأنسب للقرى السياحية الاعتماد على الشاليهات أكثر من اعتمادها على البنايات

المرتفعة ، وقد تعرضت بعض المبانى للتصدع نتيجة لعدم الأخذ فـــي الاعتبـــار نشـــاط المنطقة زلزاليا، كما ينبغي التريث في تسوية وإزالة الكثبان الرملية فـــي شـــمال الدلتـــا والاستفادة منها في الأغراض السياحية.

المراجع والمصادر

أولاً : المراجع باللغة العربية :

١. أبو العز (محمد صفي الدين) ، (١٩٦٦) : مورفولوجية الأراضي المصرية ، دار النهضة العربية ، القاهرة .

٢. أبو العينين (حسن سيد) ، (١٩٧٦) : أصول الجيومورفولوجيا ، دراسة الأشكال التضاريسية لسطح الأرض ، الطبعة الخامسة ، مؤسسة الثقافة الجامعية ، الإسكندرية .

٣. أبو عياش (عبد الإله) (١٩٧٨) : الإحصاء والكمبيوتر في معالجة البيانات مع تطبيقات جغرافية ، وكالة المطبوعات ، الكويت .

٤. أكاديمية البحث العلمي والتكنولوجيا ، (١٩٩٢أ) مشروع تطوير خطة الاستعداد لمجابهة ومنع وإدارة الكوارث ، تقرير رقم (١ ، ٢) عن دراسة مخاطر السيول وطرق مجابهتها ، القاهرة .

٥. إمبابى (نبيل سيد) ، (١٩٧٠) : طرق دراسة السفوح ، حوليات كلية الآداب ، جامعة عين شمس مجلد ٢٣ ، ص ص ١٠١-١٢٣. .

٦. إمبابي (نبيل سيد) ، (١٩٧٢) : أشكال السفوح ، المجلة الجغرافية العربية ، الجمعية الجغرافية المصرية ، القاهرة ، العدد الخامس ، ص ص ٧٤-٩٥ .

٧. إمبابي (نبيل سيد) وعاشور(محمود محمد) ، (١٩٨٣) : الكثبان الرملية فى شبه جزيرة قطر ، الجزء الأول ، مركز الوثائق والبحوث الإنسانية ، جامعة قطر .

٨. الأنصاري (مدحت سيد أحمد) ، (٢٠٠٠) : جيومورفولوجية منطقة نويبع دهب بشمالي غرب خليج العقبة ، رسالة دكتوراه غير منشورة ، كلية الآداب ، جامعة الإسكندرية .

٩. التركماني (جودة فتحي) ، (١٩٨٧) إقليم ساحل خليج العقبة في مصر : دراسة جيومورفولوجية ، رسالة دكتوراه غير منشورة ، كلية الآداب ، جامعة القاهرة .

١٠. التركماني (جودة فتحي) ، (١٩٨٨) : تطبيق الطرق الكمية للكشف عن بعض خصائص الأودية في منطقة شرق شبه جزيرة سيناء ، المجلة الجغرافية العربية ، الجمعية الجغرافية المصرية ، العدد العشرون ، القاهرة ، ص ص ١٠١ - ١٣٦ .

١١. التركماني (جودة فتحي) ، (١٩٩١) جيومورفولوجية المراوح الفيضية على جانبي وادي دهب - الغائب بشبه جزيرة سيناء ، مجلة كلية الآداب بجامعة المنوفية ، أبريل .

١٢. التركماني (جودة فتحي) ، (١٩٩٨) : جيومورفولوجية أودية جبال الجزء الأوسط بهضبة نجد ، مجلة كلية الآداب فرع دمنهور ، جامعة الإسكندرية ، العدد الأول ، ص ص ٥٣-١٢٧

١٣. الحسيني (السيد السيد) ، (١٩٧٥) : التحليل الميكانيكي للرواسب وتطبيقه على مدرجات مصر العليا ، مجلة جامعة الملك عبد العزيز ، العدد الأول ، جدة ، ص ص ٣٦١-٣٧٨ .

١٤. الحسيني (السيد السيد) ، (١٩٧٨) : سفوح الأودية ، مجلة جامعة الملك عبد العزيز ، العدد الثاني ، المملكة العربية السعودية .

١٥. الحسيني (السيد السيد) ، (١٩٧٨) : سفوح الأودية ، مجلة جامعة الملك عبد العزيز ، العدد الثاني ، المملكة العربية السعودية .

١٦. الحسيني (السيد السيد) ، (١٩٨٧) : موارد المياه في شبه جزيرة سيناء ، وحدة البحث والترجمة بقسم الجغرافيا والجمعية الجغرافية الكويتية ، الكويت ، نشرة رقم ١٠٠ .

١٧. الحسينى (السيد السيد) ، (١٩٨٨) : جيومورفولوجية منطقة الخيران بجنوب الكويت ، وحدة البحث والترجمة بقسم الجغرافيا والجمعية الجغرافية الكويتية ، الكويت ، نشرة رقم ٢١ .

١٨. الحسيني (السيد السيد) ، (١٩٩١) : نهر النيل في مصر "جزره ومنحنياته دراسة جيومورفولوجية" ، مركز النشر بجامعة القاهرة ، القاهرة.

١٩. الحسيني (السيد السيد) ، (١٩٩٦) : الجيومورفولوجيا "أشكال سطح الأرض" ، الجزء الأول ، دار الثقافة العربية ، القاهرة .

٢٠. الحسيني (السيد السيد) و مغرم (على عبد الله) ، (١٩٧٧) : أشكال السفوح واستخدامات الأراضي فى سراة غامد بالمملكة العربية السعودية ، مجلة كلية العلوم ، جامعة الملك عبد العزيز ، جدة ، العدد الأول ،ص ص ١٨-٤٤ .

٢١. الدسوقي (صابر أمين) ، (١٩٨٧) : دراسة مقارنة لسفوح بعض أشكال السطح في مصر ، رسالة دكتوراه غير منشورة ، كلية الآداب ، جامعة عين شمس .

٢٢. الرملي (إسماعيل محمود) ، (بدون تاريخ) تخطيط مصادر المياه في شبه جزيرة سيناء وإمكانية الاستفادة منها في المشروعات المستقبلة ، معهد بحوث الصحراء ، وزارة الزراعة ، القاهرة .

٢٣. السلاوي (محمود سعيد) ، (١٩٨٩) : هيدرولوجية المياه السطحية ، الطبعة الأولى ، الجماهيرية للنشر والتوزيع والإعلان ، الجماهيرية الليبية .

٢٤. الشيخ (أحمد أحمد محمد) ، (١٩٩٥) : جيومورفولوجية الهوامش الشرقية لهضبة طيبة الجيرية فيما بين وادي البعيرية جنوبا والكولة شمالاً ،رسالة دكتوراه غير منشورة ، كلية الآداب ، جامعة القاهرة .

٢٥. الصالح (محمد عبد الله) ، (١٩٩٢) : بعض طرق قياس المتغيرات في أحواض التصريف ، الرياض .

٢٦. المجلس الأعلى للعلوم ، (١٩٦٠) موسوعة سيناء ، الهيئة العامة لشئون المطابع الأميرية ، القاهرة .

٢٧. الميرغني (على مصطفى كامل) ، (١٩٨١) : حوض وادي قنا :دراسة جيومورفولوجية ، رسالة ماجستير غير منشورة ، كلية الآداب ، جامعة القاهرة .

٢٨. الهيئة القومية للاستشعار من البعد وعلوم الفضاء ، (١٩٩٩) : دراسات جيولوجية وجيوتقنية لمنطقة نويبع - شرق سيناء ، (غير منشور) ، القاهرة .

٢٩. الهيئة المصرية العامة للمساحة الجيولوجية والمشروعات التعدينية ، (١٩٩٨) : الدراسة الجيوتقنية الإقليمية لمنطقة خليج العقبة ، (غير منشور) ، القاهرة .

٣٠. تراب (محمد مجدي مصطفى) ، (١٩٨٧) : حوض وادي بدع جنوب غرب السويس فيما بين وادي حجول شمالاً ووادي غويبة جنوباً : دراسة جيومورفولوجية ، رسالة دكتوراه غير منشورة ، كلية الآداب ، جامعة الإسكندرية .

٣١. جاد (طه محمد) ، (١٩٧٧) : بعض ضوابط مائية السطح بين النظرة التفصيلية والنظرة العامة مجلة معهد البحوث والدراسات العربية ، القاهرة ، العدد الثامن ، ص ص ١-٣٧ .

٣٢. جاد (طه محمد) ، (١٩٧٨) : تحليل الخريطة الكنتورية باهتمام جمرفلوجي ، الطبعة الأولى ، الأنجلو المصرية ، القاهرة .

٣٣. جاد (طه محمد) ، (١٩٨٠) : بعض خصائص التصريف المائي بمرتفعات مصر الشرقية ، مجلة معهد البحوث والدراسات العربية ، القاهرة ، العدد العاشر ، ص ص ٢٦٩-٣٠٥ .

٣٤. جاد (طه محمذ) ، (١٩٩٣) : الاستشعار عن بعد في البحث الجيمرفلوجي ، المجلة الجغرافية العربية ، الجمعية الجغرافية المصرية ، العدد الخامس والعشرون ، القاهرة ، ص ص ٥٧ - ٩٤ .

٣٥. جرجس (مجدي مينا) ، (١٩٩٢) الموارد المائية في منطقة خليج العقبة وطرق تنميتها وآثر سحب المياه في صحراء النقب على الخزان الجوفي بسيناء ، الهيئة المصرية العامة للمساحة الجيولوجية والمشروعات التعدينية ، تقرير رقم ٢ .

٣٦. جرجس (مجدي مينا) ، (١٩٩٢) نتائج وتوصيات الدراسات التى تمت بمنطقة وادي لتحي "نويبع - جنوب سيناء" للبحث عن المياه الجوفية ، الهيئة المصرية العامة للمساحة الجيولوجية والمشروعات التعدينية ، تقرير رقم ٧٠ .

٣٧. جودة (جودة حسنين) ، (١٩٨٣) : الجغرافيا الطبيعية للزمن الرابع لصحاري العالم العربي ، منشأة المعارف ، الإسكندرية .

٣٨. جودة (جودة حسنين) ، (١٩٨٩) : الجغرافيا الطبيعية للزمن الرابع والعصر المطير في الصحاري الإسلامية ، دار المعرفة الجامعية ، الإسكندرية .

٣٩. جودة (جودة حسنين) ،عاشور (محمود محمد) ، (١٩٩١) : وسائل التحليل الجيومورفولوجي ، الطبعة الأولى ،

٤٠. حمدان (جمال) ، (١٩٨٤) شخصية مصر ، دراسة فى عبقرية المكان ، الجزء الأول ، عالم الكتب ، القاهرة

٤١. خضر (محمود محمد محمد) ، (١٩٩٧) ، الأخطار الجيومورفولوجية الرئيسية في مصر مع التركيز على السيول في بعض مناطق وادي النيل ، رسالة ماجستير غير منشورة ، كلية الآداب ، جامعة عين شمس .

٤٢. درويش (سامية عبد العزيز) ، (١٩٩٤) استخدام النماذج في تحليل شبكات التصريف المائي وأنماط الثنيات النهرية ، الندوة الجغرافية الخامسة لأقسام الجغرافيا بجامعات المملكة العربية السعودية ، أبريل .

٤٣. سالم (طارق زكريا إبراهيم) ، (١٩٩٣) : مناخ شبه جزيرة سيناء والساحل الشرقي لمصر "دراسة في الجغرافيا المناخية" رسالة ماجستير غير منشورة ، كلية الآداب ، جامعة الزقازيق .

٤٤. سالم (عوض عبد المعبود) ، (١٩٨٩) حوض وادي سنور بـالصحراء الشـرقية : دراسـة جيومورفولوجية ، رسالة ماجستير غير منشورة ، كلية الآداب ، جامعة القاهرة .

٤٥. سعيد (رشدي) ، (١٩٩٣) : نهر النيل "نشأته واستخدام مياهه في المـاضي والحـاضر" دار الهلال ، القاهرة .

٤٦. سلامة (حسن رمضان) ،(١٩٨٢) : الخصائص الشكلية ودلالاتـها الجيومورفولوجيـة ، مجلة الجمعية الجغرافية الكويتية ، العدد ٤٣ .

٤٧. سلامة (حسن رمضان) ،(١٩٨٥) اختلاف التصريف المائي للأوديـة الصحراويـة فـي الأردن ، مجلة الجمعية الجغرافية الكويتية ، العدد ٧٥ .

٤٨. شاور (آمال إسماعيل) ١٩٧٩ : الجيومورفولوجيا والمناخ ، دراسة تحليلية للعلاقة بينـهما ، مكتبة الخانجي ، القاهرة

٤٩. شاور (آمال إسماعيل) ، (١٩٨٢) : التعبير الكمي لدورة التعريـة عنـد ديفـيز ، المجلـة الجغرافية العربية ، العدد الرابع عشر ، القاهرة ، ص ص ٣٩-٥٥ .

٥٠. شطا (عبده) ، (١٩٦٠) جيولوجية شبه جزيرة سيناء ، موسوعة سيناء ، الهيئـة المصريـة العامة للكتاب ، القاهرة .

٥١. شطا (عبده) ، (بدون) موارد المياه في شبه جزيرة سيناء ، معهد بحوث الصحـراء ، وزارة الزراعة ، القاهرة .

٥٢. صالح (احمد سالم) ، (١٩٨٥) : حوض وادي العريش :دراسة جيومورفولوجيـة ، رسـالة دكتوراه غير منشورة ، كلية الآداب ، جامعة القاهرة .

٥٣. صالح (أحمد سالم) ، (١٩٨٧) : مدرجات وادي الأطفيحي بـالصحراء الشـرقية "دراسـة جيومورفولوجية" ، المجلة الجغرافية العربية ، الجمعية الجغرافية المصرية ، العـدد ١٩ ، ص ص ١٣٧-١٧٣ .

٥٤. صالح (أحمد سالم) ، (١٩٨٩) : الجريان السيلي في الصحاري "دراسة في جيومورفولوجيـة الأودية الصحراوية" ، معهد البحوث والدراسات العربية ، العدد ٥١ .

٥٥. صالح (أحمد سالم) ، (١٩٨٩) : المراوح الفيضية في الجزء الأدنى من وادي وتير بسـيناء ، مجلة كلية الآداب ، جامعة المنيا ، دراسات جغرافية ، العدد ٥١ .

٥٦. صالح (أحمد سالم) ، (١٩٨٩) الأخطار الطبيعية على القطاع الشرقي من طريق توبيع / النفق الدولي دراسة جيومورفولوجية ، المجلة الجغرافية العربية ، الجمعية الجغرافية المصرية ، العدد الحادي والعشرون ، القاهرة ، ص ص ١٤٣ - ١٧٦ .

٥٧. صالح (أحمد سالم) ، (١٩٩٤) السيول والتنمية في وادي فيران بسيناء دراسة تطبيقية من منظور جيومورفولوجي ، المجلة الجغرافية العربية ، الجمعية الجغرافية المصرية ، العدد السادس والعشرون ، القاهرة ، ص ص ٨١ -١٢٤ .

٥٨. صالح (أحمد سالم) ، (١٩٩٩) : العمل الميداني في قياس أشكال السطح "دراسة في الجيومورفولوجيا"، دار عين للدراسات والبحوث الإنسانية والاجتماعية ، القاهرة .

٥٩. عبد الواحد (علي صادق) ، (١٩٨٦) : دراسة تحليلية كمية جيومورفولوجية عن بعض أحواض التصريف في غرب سيناء ووسط شبه الجزيرة العربية وغرب وادي النيل ، الكتاب الجغرافي السنوي ، قسم الجغرافيا بكلية العلوم الإنسانية ، جامعة الإمام محمد بن سعود الإسلامية ، الرياض ، العدد الثاني ، ص ص ٤٥ - ٧٣ .

٦٠. عزيز ، محمد الخزامي ، (٢٠٠٠) : نظم المعلومات الجغرافية ، أساسيات وتطبيقات للجغرافيين ، منشأة المعارف ، الإسكندرية .

٦١. عوض الله (سعيد عبد الرحمن) ، (١٩٨٥) حوض وادي غويبة بالصحراء الشرقية : دراسة جيومورفولوجية ، رسالة ماجستير غير منشورة ، كلية الأداب ، جامعة القاهرة .

٦٢. فرج (صفوت أرنست) ، (١٩٨٠) : التحليل العاملي في العلوم السلوكية ، دار الفكر العربي ، القاهرة .

٦٣. فرحان (يحيي عيسى) ، (١٩٨٠) : التطبيق الهندسي للخرائط الجيومورفولوجية ، مجلة الجمعية الجغرافية الكويتية ، العدد ١٣ .

٦٤. فرحان (يحيي عيسى) ، (١٩٨٣) : مورفولوجية المنحدرات في مناطق مختارة من وسط الأردن ، **جامعة اليرموك ، عمان ، الأردن** .

٦٥. كليو (عبد الحميد أحمد) ، (١٩٩٠) :الإنسان كعامل جيومورفولوجي ، وحدة البحث والترجمة ،قسم الجغرافيا بجامعة الكويت والجمعية الجغرافية الكويتية ، نشرة رقم ٨٠ .

٦٦. محسوب (محمد صبري) ، (١٩٨٩) جغرافيا الصحاري المصرية "الجوانب الطبيعية " الجزء الأول ، شبه جزيرة سيناء ، دار النهضة العربية ، القاهرة .

٦٧. محسوب (محمد صبري) ، (١٩٩٨) : جيومورفولوجية الأشـــكال الأرضيـــة ، دار الفكــر العربي ، القاهرة .

٦٨. محسوب (محمد صبري) ، (٢٠٠١) : الأطلس الجيومورفولوجي :معالجة تحليليـــة للشــكل والعملية ، دار الفكر العربي ، القاهرة .

٦٩. مركز بحوث التنمية والتخطيط التكنولوجي ، (١٩٨٢) التخطيط الهيكلي لشبه جزيرة سـيناء ، القاهرة

٧٠. مصطفى (محمد رمضان) ، (١٩٨٧) حوض وادي فـــيران : دراســة جيومورفولوجيــة ، رسالة ماجستير غير منشورة ، كلية الآداب ، جامعة عين شمس .

٧١. موسى (عواد حامد محمد) ، (٢٠٠٠) : السيول في أودية خليج العقبـــة بمصـــر ، دراســة جغرافية ، رسالة دكتوراه غير منشورة ، كلية الآداب ، جامعة المنوفية .

ثانيا : الخرائط والصور الجوية :

١ - إدارة المساحة العسكرية ، لوحات من أطلس مصـــر الطبوغرافـــي بمقيـــاس ١/١٠٠,٠٠٠ ، ١/٥٠,٠٠٠ ، ١/٢٥,٠٠٠

١ - المساحة الجيولوجية المصرية ، الخريطة الجيولوجية لســـيناء ،جمهوريـــة مصـــر العربيـــة (لوحة رقم ١ - ٢) بمقياس ١/٢٥٠,٠٠٠ ، ١٩٩٤

٣ - إدارة المساحة العسكرية ، زوجيـــات الصـــور الجويـــة ، مشـــروع ١٣ ، ١٩٥٦ بمقيـــاس ١/٤٠,٠٠٠ .

٤- إدارة المساحة العسكرية ، لوحات الموزايك لشبه جزيرة سيناء أرقـــام ٧٢-٧٣-٧٤-٧٥-٧٦-٧٧-٧٨-٨٠-٨٨-٨٩-٩٠-٩١ ، ١٩٦٨ بمقياس ١/٥٠,٠٠٠٠

ثالثا : المراجع باللغة غير العربية :

1- Abd El_Rahman, M.A., Embabi, N.S., El_Etr, H.A., and Mustafa, A.R., (1980-1981): Some Geomorphological Aspects of Siwa Depression, B.S.G.E., Vol.53-54, pp. 17-41 .

2- Abraham, A.D., (1972) : Factor Analysis of Drainage Basin Properties "Evidence for Stream Abstraction Accompanying the Degradation of Relief, Water Resources Research, vol. 8 No. 3, pp. 624-633 .

3- Avraham, Z., Almagor, G., &, Garfunkel, Z., (1979) : Sediments and Structure of the Gulf of Elat (Aqaba) - Northern Red Sea, Sedimentary Geology,vol.23,pp 239 - 267 .

4- Bailey, R.G., (1996) : Ecosystem Geography, Springer-verlag, New York .

5- Barry, R.G., (1969) : Evaporation and Transpiration, In Chorley, Water, Earth and Man, : A Synthesis of Hydrology, Geomorphology, and Socio -Economic Geography, Methuen & Co. Ltd., Bristol, Great Britain, pp. 169-184 .

6- Ben-Avraham, Z., et-al., (1979) : Continental Breakup by A Leaky Transform: the Gulf of Elat (Aqaba), Science, vol. 206, pp 214 - 216 .

7- Carlston, C.W., &, Langbein, W.B., (1960) : Rapid Approxmiation of Drainage "Density Line Intersection Method", U.S. Geol. Survey Water Resources Div. Bull. No. II .

8- Chorley, R,J., & Morgan, M.A., (1962) : Comparison of Morphometric Features, Geol. Soc. Amer. Bull., vol. 73, pp.17-34.

9- Chorley, R.J., (1957) : Illustrating the Laws of Morphometry, Geol. Mag., vol. XCIV, No.2 .

10- Chorley, R.J., (1969) : Introduction to Fluvial Processes, Methuen & Co. Ltd., Great Britain .

11- Chorley, R.J., (1969) : Introduction to Physical Hydrology, Methuen co. Ltd., London.

12- Chorley, R.J., (1969) :{Editor} Water, Earth, and Man, : A Synthesis of Hydrology, Geomorphology, and Socio -Economic Geography, Methuen & Co. Ltd., Bristol, Great Britain .

13- Cotton, G.A., (1963) : Development of Fine-Textured Landscape Relief in Temperate Pluvial Climates, Geol. And Geophys, vol. 6, pp. 528-533.

14- Denny, C.S., Fans and Pediments, In Nilsen, T.H., (1985) : {Editor}, Modern and Ancient Alluvial Fan Deposits, Van Nostrand Reinhold Co., New York, pp. 137-161 .

15- Doornkamp, J.C., &, King, C.A., (1971) : Numerical Analysis in Geomorphology: An Introduction, Edward Arnold, London .

16- Dury G.H., Relation of Morphometry to Runoff Frequency, In Chorley R.J., (1969) :{Editor} Water, Earth, and Man, : A Synthesis of Hydrology, Geomorphology, and Socio -Economic Geography, Methuen & Co. Ltd., Bristol, Great Britain, pp. 419-430 .

17- Dury, G.H., (1970) : {Editor}, Rivers and River Terraces, Macmillan & Co. Ltd., London.

18- Dury, G.H., General Theory of Meandering Valleys and Underfit Streams, In Dury, G.H., (1970), {Editor} Rivers and River Terraces, Macmillan & Co. Ltd., London, pp. 264-275.

19- El-Husseini, E.E., (1968) : Aspects of Geomorphological Evolution of the Nile Valley in Qena Bend Area, Ph.D. Thesis, New Castle Univ., U.K.,(Unpublished) .

20- El-Husseini, E.E., (1979) : Contributions to the Geomorphology and Water Supply of Wadi Fatima, Saudi Arabia, B.A.R.S., Cairo, vol. x

21- El-Kelany, A., &Said, M.,(1988), The Geology of the Sedimentary Rocks of Southeast Sinai, EGSMA, Cairo, (Unpublished) .

22- El-Rakaiby, M.L., (1989) Drainage Basins and Flash Flood Hazard in Selected Parts of Egypt, E.J.G., vol.33, no.1-2, pp 307 - 323 .

23- El-Sharkaway, F.M., (1980): The Theory of Scree Slope Development with Particular Reference to its Application in the Western Desert, Egypt, Ph-D. Thesis, Leicester Univ. England, (Unpublished) .

24- El-Shazly, E.M., Abd El-Hady, M.A.,& El-Rakaiby, M. L.,(1991) Drainage Megabasins in Egypt, E.J.G., Tome LXIV, pp. 45-58

25- Eweda, S.A., (1992), Stratigraphy and Facies Development of the Upper Cretaceous-Lower Tertiary Sequence, El_Themed Area, Sinai, Egypt, Ph-D Thesis, Faculty of Science, Zagazig University, (Unpublished) .

26- Eyal, M., et-al., (1981) : The Tectonics Development of the Western Margin of the Gulf of the Elat (Aqaba) Rift,Tectonophysics,vol.80.

27- Fairbridge, R.W., (1968) : Encyclopedia of Geomorphology, Reinhold Book Corporation, New York .

28- Folk, R.L., &, Ward, W.C., (1957) : Brazos River Bar: A Study in the Significance of Grain Size Parameters, Joun. of Sedimentary Petrology, vol. 27, No. 1, pp. 3-26 .

29- Girdler, R.W., (1983), Importance of the Jordanian Rift to Studies of the Red Sea and Gulf of Aden, pp.503-522.

30- Goudie, A., (1992) : Environmental Change, 3rd. Edition, Oxford Univ. Press, New York .

31- Graf, W.L., (1988) : Fluvial Processes in Dryland River, Springer-Verlag, Berlin .

32- Grarfinnkel, Z., (1974) : Raham Conglomerate – New Evidence for Neogene Tectonism in the South Part of Dead Sea Rift, Geol. Mag., vol.111, No.1 .

33- Gregory, K.J., &, Walling, D.E., (1973) : Drainage Basin : Form and Process A Geomorphological Approach, Edward Arnold, London

34- Gregory, K.J., {Editor}, (1977) : River Channel Changes, John Wiley & Sons, New York .

35- Haok, J.T., (1957) : Studies of Longitudinal Stream Profiles in Virginia and Maryland, U.S. Geol. Survey Prof. Paper, Vol. 294B, pp. 53-63 .

36- Hanson, L., (2000) : Slopes, http://www.geographie.uni-trier.de.

37- Hanwell, J.D. ,&, Newson, M.D., (1973) : Techniques in Physical Geography, London

38- Heward, A.P., Alluvial Fan Sequence and Megasequence Models with Examples from Westphalian D-Stephanian Coalfield, Northern Spain, In Nilsen, T.H., (1985) : {Editor}, Modern and Ancient Alluvial Fan Deposits, Van Nostrand Reinhold Co., New York, pp. 279-312 .

39- Hildebrand, N., Shirav, N., &,Freund, R., (1974) : Structure of the Western Margin of the Gulf of Elat (Aqaba) in the Wadi El-Quseib - Wadi Himur Area, Sinai, Israeli Jou. of Earth Science,vol.23,pp 117-130

40- Holmes, A., (1992): Principles of Physical Geology, 4th,edition, Chapmans & Hall, London .

41- Hooke, R.L., Processes on Arid-Region Alluvial Fans, In Nilsen, T.H., (1985) : {Editor}, Modern and Ancient Alluvial Fan Deposits, Van Nostrand Reinhold Co., New York, pp.162-186 .

42- Horton, R,E., (1932) : Drainage Basin Characteristics, trans. Amer. Geophys. Union, vol. 13, pp. 350-361 .

43- Horton, R.E., (1945) : Erosional Development of Streams and their Drainage Basins "Hydrological Approach to Quantitative Morphology" Geol. Soc. Amer. Bull., vol.56, pp.275-370.

44- Ismail, Y.L., (1998), Hydrological and Hydrogeological Studies on Wadi Watir Area, South Sinai, Egypt, Ph-D Thesis, Faculty of Science, Suez Canal University, (Unpublished) .

45- Kamal, F.S., El_Shamy, I.Z., & Sweidan, A.S., (1980) : Quantitative Analysis of the Geomorphology and Hydrology of Sinai Peninsula, A.G.S.E., vol. X, pp.819-839 .

46- Kenneth, M.K., (1972) : Travel Time, Time of Concentration and Lag, In National Engineering Handbook, Neh Notice.

47- Khalid, A.M., (1988), Geological, Petrological and Geochemical Studies of the Basement Rocks of Wadi Watir Area, Sinai, M.S. Thesis, Faculty of Science, Cairo University, (Unpublished).

48- King, C.A., (1966) : Techniques in Geomorphology, Robert Cunningham & Sons Ltd., London

49- Kirkby, B., (1993) : {Editor}, Channel Network Hydrology, John Wiley & Sons, New York .

50- Kirkby, M.J., (1969) : Infiltration, Throughflow and Overland Flow, In Chorley, Water, Earth and Man, : A Synthesis of Hydrology, Geomorphology, and Socio -Economic Geography, Methuen & Co. Ltd., Bristol,.Great Britain, pp. 215-228 .

51- Knighton, D., (1984) : Fluvial Forms and Processes, Edward Arnold, London .

52- Kroner, A., Eyal, M., &, Eyal,Y.,(1990), Early Pan African Evolution of the Basement Around Elat, Israel, and the Sinai Peninsula Revealed by Single-Zircon Evaporation Dating, and Implications for Crustal Accretion Rates, G.S.J.I., pp.545-548 .

53- Leopold, L.B., &, Wolman, M.G., River Channel Patterns, In Dury, G.H., (1970), {Editor}, Rivers and River Terraces, Macmillan & Co. Ltd., London, pp. 197-234.

54- Leopold, L.B., Wolman, M.G., &, Miller, J.P., (1964) : Fluvial Processes in Geomorphology, Freeman &Co., London .

55- Linsley, R.K., Kohler, M.A., and Phulhus, J.L., (1982) : Hydrology for Engineers, London.

56- Manly, B.F., (1994) : Multivariate Statistical Methods "A Prime", Chapman & Hall, London .

57- Mason, C., &, Folk, R.L., (1958) : Differentiation of Beach, Dune, and Aeolian Flat Environments by Size Analysis, Mustang Island, Texas, Joun. of Sedimentary Petrology, vol. 28, No. 1, pp. 211-226 .

58- Melton, F.A., (1957) : An Analysis of the Relation among Elements of Climate, Surface Properties and Geomorphology, Proj. No. 399-042, Tech. Paper no. 11, Columbia University.

59- Morisawa, M.E., (1958): Measurement of Drainage Basin Outline Form, Jour. Geol., vol. 66, pp. 587-591 .

60- Morisawa, M.E., (1962): Quantitative Geomorphology of Some Watershed in the Appalachian Plateau, Geol. Soc. Amer. Bull., vol. 73, pp. 1025-1046 .

61- Morisawa, M.E., (1968) : Streams: "Their Dynamic and Morphology" New York .

62- Morisawa, M.E., (1985) : Rivers, Longman, London .

63- Mourad, N., &, Moselhy, S., : (No date), Meteorological Data, Water Resources Division, Desert Research Center, Cairo.

64- Newson, M.D., (1978) : Drainage Basin Characteristics "Their Selection Derivation and Analysis for Flood Study of the British Isles, Earth Surfaces Processes", vol.3, pp.227-293 .

65- Orabi, O.H., (1993) : Biostratigraphy Paleoecology of Some Cenomanian-Early Turonian Exposures of Wadi Watir and Wadi Taba, Southeastern Sinai, Egypt, E.J.G., vol.37 no. 2,pp 231 - 246.

66- Petts, G., &, Foster, I., (1985) : Rivers and Landscape, Edward Arnold, London .

67- Pye, K., &, Tsoar, H.,(1990) : Aeolian Sand Dunes, Unwin Hyman, London .

68- Rees, W.G., (1990) : Physical Principles of Remote Sensing, Great Britain.

69- Ritter, D.F., (1982) : Process Geomorphology, 2nd edi., Southern Illinois Press, U.S.A. .

70- Said, R., (1962) : Geology of Egypt, Ellsiever, New Amsterdam .

71- Said, R., (1969) : General Stratigraphy of the adjacent Land Area of the Red Sea, in Egon,T.,& David, (editor), Hot Brines and Recent Heavy Metal Deposits in the Red Sea, Springer-Verlag, New York, pp., 71-81 .

72- Schumm, S.A., & Lichty, R.W., (1965) : Time, Space, and Causality in Geomorphology, Amer. Jour. Of Science, vol.263, pp.110-119.

73- Schumm, S.A., & Mosley, M.P., (1978) : {editor}, Slope Morphology, Dowden Hutchinson & Ross, inc., Pennsylvania .

74- Schumm, S.A., (1956) : The Evaluation of Drainage Systems and Slopes in Badlands at Perth Amboy, New Jersey, Geol. Soc. Amer. Bull., vol.67, pp. 597-646.

75- Schumm, S.A., (1977) : The Fluvial System, John Wily & Sons, New York .

76- Shabana, A.R.,(1998) : Geological of Water Resources in Some Catchment Areas Drainage in the Gulf of Aqaba ,Sinai, Egypt, PH-D, Thesis, Faculty of Science, Ain Shams, University, (Unpublished) .

77- Small, R.J., (1978) : The Study of Landforms, 2nd edition, Cambridge Univ. Press, Great Britain .

78- Smart, J.S., (1978): The Analysis of Drainage Network Composition, John Wiley & sons Ltd., New York.

79- Smith, D.I., &, Stopp, P., (1978) : The River Basin "An Introduction to the Study of Hydrology", Cambridge Univ., Press Cambridge.

80- SteinitzG., et-al, (1980) : K-Ar Age Determination of Tertiary Magmatism along the Western Margin of the Gulf of Elat, Geol. Mag., pp.27-29 .

81- Strahler, A.N., (1952) : Hypsometric (Altitude-Area) Analysis of Erosional Topography, Geol. Soc. Amer. Bull., vol.63, pp. 1117-1142 .

82- Strahler, A.N., (1957) : Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology, Amer. Geophys. Union, vol. 38, No. 6, pp. 913-920

83- Strahler, A.N., (1958) : Dimensional Analysis Applied to Fluvially Eroded Landforms, Geol. Soc. Amer. Bull., vol. 69, pp. 279-300 .

84- Strahler, A.N., (1964) : Quantitative Geomorphology of Drainage Basin and Channel Network, in Chow, V.T., {editor}, Handbook of Applied Hydrology, New York, pp.39-76 .

85- Summerfield, M.A., (1991) : Global Geomorphology "An Introduction to Study of Landforms", John Wiley, New York .

86- The Meteorological Authority, Climatological Normals for the A.R.E. up to 1975, Cairo.

87- U.S. Soil Conservation Services, (1972) : Hydrology, Sec. 4, Natural Engineering Handbook, Washington D.C.

88- USGS, UNESCO and EGSMA, (1994), Workshop on Earthquake Hazard in the Gulf of Aqaba Region, Cairo.

89- Waltz, J.P., (1969) : Ground Water, In Chorley, Water, Earth and Man, : A Synthesis of Hydrology, Geomorphology, and Socio -Economic Geography, Methuen & Co. Ltd., Bristol, Great Britain, pp259-267 .

90- Ward, R.C., (1967) : Principles of Hydrology, McGraw-HILL Publishing Co. Ltd., London.

91- Waugh, D., (1990) : Geography "An Integrated Approach", Nelson Press, London.

92- Wittow, J.B., (1984) : Dictionary of Physical Geography, Chaucer Press, London .

93- Wolman, M.G., &, Leopold, L.B., (In Dury 1970) : River Channel Patterns,Macmillan,London,pp.197-237

94- Yair, A., &, Lavee, H., (1976) : Runoff Generative Process and Runoff Yield from Arid Talus Mantied Slopes, Earth Surface Processes I, pp. 235-297 .

95- Young, A.,(1972): Slopes, Oliver & Body, Edinburgh .

96- Zeitschrift, F., (1984) : Geomorphologie, Austria .

Computer Software :

- **ARC VIEW ver. 3.1 with Spatial Analyst, Image Analyst, and Arab View.**
- **AutoCad Map, ver. 3**
- **AutoCad, Release 14.**
- **DAK "DATA AUTOMATION KIT" ver. 3.5.2**
- **ERDAS IMAGINE ver. 8.2**
- **MAP INFO ver.5**
- **Ms EXCEL ver.97**
- **PC ARC INFO ver. 3.5.2**
- **SPSS ver.9**
- **STAISICA ver. 5**

Abbreviation

A.G.S.E.	Annals of Geological Survey of Egypt
B.A.R.S.	Bulletin of Arab Research Studies
B.E.G.S.	Bulletin of Egyptian Geographical Society
B.S.G.E.	Bulletin de la Societe de Geographie d, Egypte
E.J.G.	Egyptian Journal of Geology
E.J.S.S.	Egyptian Journal of Soil Science .
D.I.B.	Desert Institution Bulletin.
J.S.P.	Journal of Sedimentary Petrology .
G.S.J.I.	Geological Survey Journal of Israel
J.G.E.I.	Journal of Geochemical Exploration of Israel
J.S.P.I	Journal of Sedimentary

ملخصات الرسالة

حوض وادي وتير : شرق سيناء ، دراسة جيومورفولوجية

الملخص العربي

تتناول الدراسة الحالية أحد أهم الأودية التي تصب في خليج العقبة عند مدينة نويبع وهو وادي وتير ، وتتناول الدراسة الجوانب الجيومورفولوجية المختلفة للوادي ، ويقع الوادي فلكياً بين خطي عرض ٢٩ ْ ٤٦ َ ٢٨ ً ، ٣٧ ْ ٣٣ َ ٢٩ ً شمالاً وبين خطي طول ٣٦ ْ ٥٣ َ ٣٣ ً ، ٠٨ ْ ٤٣ َ ٣٤ ً شرقاً ، ويحيط بالحوض عدة أحواض أهمها أحواض العريش والجرافي وسدري وفيران ،وتبلغ مساحة الحوض نحو ٣٥٩٣ كم٢ ، ويحتل الحوض المرتبة الثانية من حيث المساحة بعد وزادي العريش ضمن أحواض شبه جزيرة سيناء .

وتتألف الدراسة من جزأين ، يتناول الجزء الأول متن الرسالة والجزء الأخر مشروع لنظم المعلومات الجغرافية لحوض التصريف ومسجل على أسطوانة مدمجة .

أما الجزء الأول فانه يتكون من ستة فصول يسبقها مقدمة ويعقبها خاتمة ويتناول الفصل ألأول الجوانب الجيولوجية ، وقد تبين أن حوض التصريف يضم تكوينات جيولوجية ترجع إلى ما قبل الكمبري وتتمثل في جرانيت كاترين ورحبة ، كما يضم الحوض أحدث التكوينات التي ترجع إلى الهولوسين ، كما تنتشر بالحوض أعداد كثيرة من الصدوع التي أثرت على أغلب الأشكال الأرضية المنتشرة بالحوض .

ويعالج الفصل الثاني الأبعاد المورفومترية للحوض من خلال دراسة المعاملات الإحصائية لدراسة الأبعاد الخطية والمساحية للحوض ثم دراسة تضاريس سطح الحوض وانحداره مستخدماً تقنية نظم المعلومات الجغرافية ، وأعقب ذلك دراسة العلاقات بين جميع متغيرات حوض التصريف من خلال استخدام بعض الأساليب الإحصائية المتقدمة .

أما الفصل الثالث فيتناول شبكة التصريف بالحوض حيث بلغ عدد المجاري النهرية بالحوض أكثر من ٥٥٠٠٠ مجرى يتركز أغلبها في الرتبة الأولى والثانية ، وقد تم دراسة الأبعاد المورفومترية لشبكة التصريف والعلاقات فيما بينها من خلال استخدام أسلوب التحليل العاملي والتحليل العنقودي وتحليل التمايز وبعد وذلك دراسة العوامل المؤثرة على حوض وشبكة التصريف.

ويتناول الفصل الرابع دراسة الجوانب الهيدرولوجية للحوض من خلال دراسة الأمطار باستخدام بيانات خمس محطات مناخية تحيط بحوض التصريف ، ويلي ذلك دراسة الأمطار الساقطة على كل حوض من أحواض الروافد ثم دراسة الفواقد المتمثلة بصورة رئيسية في التبخر والتسرب ، وقد تم دراسة التبخر من خلال البيانات المتوفرة ، أما التسرب فقد

· تم تقديره بناءاً على نوع التكوينات الجيولوجية ، ثم دراسة الفواقد لكل رافد من الروافد على حده ، وقد تناول الفصل بعد ذلك دراسة العلاقات بين خصائص حوض التصريف وشبكة التصريف والجريان السطحي المتوقع ، وقد اتضح أن الأودية التي تمثل خطورة على الحوض هي أودية وتير الأعلى والزلقة وغزالة وصمغي .

ويدرس الفصل الخامس منحدرات جوانب الوادي من خلال القطاعات الميدانية التي قام الطالب برفعها في الميدان ثم دراسة التوزيع التكراري لزوايا الانحدار على جوانب الوادي بأكمله ثم دراستها على مستوى وادي وتير الأدنى ووادي وتير الأعلى ، ويلي ذلك دراسة معدلات التقوس وأشكال المنحدرات السائدة ثم دراسة العوامل والعمليات التي تسهم في تشكيل منحدرات جوانب الوادي ، ويلي ذلك دراسة الأشكال الجيومورفولوجية المرتبطة بالمنحدرات وقد تمثلت هذه الأشكال في التلال المنعزلة والشواهد الصخرية ورواسب ركام الهشيم وأشكال الانهيار الأرضي .

أما الفصل الأخير فإنه يتناول الأشكال الأرضية الرئيسية بالحوض وقد تم تقسيمها بحسب نشأتها إلى :

- الأشكال ذات الأصل البنيوي :

وتتمثل بصورة رئيسية في الحافات الصدعية والكويستات وظهور الخنازير .

- أشكال التعرية النهرية :

وتتمثل في شبكة التصريف وقطاعاتها الطولية والعرضية ثم دراسة أنماط الأودية ودراسة المدرجات النهرية والمراوح الفيضية .

- أشكال ذات أصل هوائي :

وتتمثل في أشكال النحت المتمثلة في الموائد الصحراوية والكهوف وحفر الرياح ، أما أشكال الإرساب فتتمثل بصورة رئيسية في بعض الكثبان الرملية والنبكات .

- أشكال ذات أصل تحاتي :

وتتمثل في أسطح البيدمنت وأسطح التعرية .

ويتناول الجزء الثاني إنشاء نظام معلومات جغرافي للحوض من اجل تحقيق التنمية بالحوض وتفادي أماكن الخطورة إلى جانب تقديم قاعدة بيانات جغرافية للحوض تكون بداية لقاعدة بيانات متكاملة لجميع أحواض التصريف في مصر ويفيد منها الباحثين والمخططين.

وتختتم الدراسة بعرض لأهم النتائج التي توصلت إليها الدراسة وعرض لبعض المقترحات والتوصيات لتحقيق الاستفادة المثلى للمنطقة .

calculate the amount of rainfall for each basin . The chapter also study the losses which include Evaporation And infiltration, for the Evaporation it was computed using the available data, but the infiltration calculated according to the type of geological formations .

The chapter also studied the losses for each basin, the chapter concluded the relations between runoff and characteristics of the basin and its network.

Chapter V deals with slopes of the valley sides which had done in the field, the frequency of slope degree clarify that lower watir valley is steeper than upper Watir valley. The chapter also deals with curvature ratio, common slope forms and processes that act on the valley sides slopes.

The most common landforms related to slopes development are isolated hills, talus, and landslides.

The last chapter is concerned with the main landforms in the drainage basin, they may genetically divided into :

- Structural landforms, which include fault scarps, cuesta and hogbacks.
- Fluvial landforms, include drainage network (longitudinal and cross sectional profiles, valley patterns, alluvial terraces and alluvial fans).
- Aeolian Landforms, that include Erosional landforms such as Pedestal caves and wind hollows, and depositional landforms like sand dunes and Nabkas .
- Erosional landforms that include Pediments and Erosional surfaces

The second part contain GIS System for the drainage basin for developing the area and avoid hazardous areas, in addition to present a Geographic Data Base for the Basin, which may serve researchers and planners .

The conclusion shows the main results with some recommendations and suggestions in order to develop the area in a good manner.

Wadi Watir Basin, Eastern Sinai
A Geomorphological Study
Abstract

This Study concerns with one of the most important Sinai Basins which ends to Aqaba Gulf at Neiwbei City, The study deals with the Geomorphological Aspects of Wadi Watir Basin.

The Drainage Basin is laying between latitudes (28° 46' 29") and (29° 33' 37") north and longitudes (33° 53' 36") and (34° 43' 08") east. Watir Drainage Basin is surrounded by some great basins such as El_Ariesh, El_Garraphy, Sedrie, and Fieran basin .

The basin is about 3593 km^2, so the basin is occupy the second rank after El_Areish basin .

The study consists of two parts, the first include the context, the second is a CD contains a project for the basin using GIS technique.

The first part consists of six chapters proceeded by an introduction and followed by a conclusion, each chapter begins with a preface and ended by a summary.

The introduction determines in details , the area under investigation, the reasons which standing behind the selection of the subject, objectives of the study, approaches and tools that used. The introduction also threw the light of the contents of chapters in brief.

Chapter I deals with geological aspects of the drainage basin. The main formation and deposits range in age from Precambrian (Kathryn Granite) to the Recent.

The basin also has many faults that affected most of the landforms. The chapter also deals with the Stratigraphy and geological evolution of the drainage basin.

Chapter II is concerned with Morphometric aspects of the Basin using some statistical methods to study Arial and linear dimensions of the basin, the chapter also dealt with the relief and slope using GIS technique. Then study the relations between all variables of the basin using some statistical techniques .

Chapter III deals with Drainage Network. The basin has about 55000 segments, most of them are in the first and second order according to Strahler Model. The chapter also studies Morphometric analysis of the network variables and relations between them using Factor Analysis, Cluster Analysis and Discriminant Analysis, then studying the most important factors that affect basin and network.

Chapter IV concerns with Hydrological Aspects of the drainage basin throughout studying rainfall (using Climatological data of five stations). Then

Cairo University
Faculty of Arts
Geography Department

Wadi Watir Basin, Eastern Sinai: A Geomorphological Study

Ph.D. Thesis Submitted to Geography Department
Cairo University

By

Mitwalli Abd El_Samad Abd El_Aziz Ali

Under the Supervision of

Prof. El_Sayed El_Sayed El_Husseini

Cairo

2001

جامعة القاهرة
كلية الآداب
قسم الجغرافيا

حوض وادي وتير ، شرق سيناء
دراسة جيومورفولوجية

Wadi Watir Basin, Eastern Sinai:
A Geomorphological Study

رسالة مقدمة لنيل درجة الدكتوراه في الآداب من قسم الجغرافيا

متولي عبد الصمد عبد العزيز علي

الأستاذ الدكتور / السيد السيد الحسيني
أستاذ الجغرافيا الطبيعية
عميد كلية الآداب / جامعة القاهرة "سابقاً"

القاهرة

٢٠٠١

بسم الله الرحمن الرحيم

الإجازة

أجازت لجنة المناقشة هذه الرسالة للحصول على درجة الدكتوراه في الآداب من قسم الجغرافيا وكان موضوعها : حوض وادي وتير شرق سيناء دراسة جيومورفولوجية بمرتبة / الشرف الأولى مع التوصية بتاريخ : ٧. /٥/٢٠٠١ ، بعد استيفاء جميع المتطلبات.

بطبع الرسالة على نفقة الجامعة

اللجنة

الاسم	الدرجة العلمية	التوقيع
١ – أ.د/ السيد السيد الحسيني	أستاذ الجغرافيا الطبيعية بالكلية	
٢ – أ.د/ آمال إسماعيل شاور	أستاذ الجغرافيا الطبيعية بالكلية	
٣ – أ.د/ أحمد سالم صالح	أستاذ الجغرافيا الطبيعية بكلية الآداب جامعة الزقازيق	

بسم الله الرحمن الرحيم

شكر وتقدير

الحمد لله الذي وفقني وهداني لهذا العمل ، والحمد لله أن أعانني ويسر لي إكمال هذا العمل ولم يكن هذا العمل ليتم لولا فضل الله وتوفيقه .

ويتوجه الطالب باسمى آيات الشكر والتقدير والعرفان للعالم الجليل الأستاذ الدكتور/ السيد السيد الحسيني أستاذ الجغرافيا الطبيعية وعميد كلية الآداب السابق على ما قدمه للطالب من عون وتوجيهات ونصائح غالية وسديدة كان لها ابلغ الأثر في إتمام هذا البحث فله من الطالب كل الشكر والتقدير أطال الله في عمره ليكون عونا وسندا لجميع الجغرافيين كعالم جليل وكوالد فاضل ، وفقه الله ورعاه .

ويتوجه الطالب بخالص الشكر والامتنان إلى الأستاذة الفاضلة الدكتورة /آمال إسماعيل شاور والتي تولت الطالب بالرعاية العلمية منذ كان طالبا في مرحلة الليسانس ومازال جل تعاونها يتدفق إلى طلابها جميعا فلم تبخل يوما في إسداء النصح والإرشاد وتقديم المراجع المختلفة للطالب فلها من الطالب عظيم الشكر والامتنان .

كما يتوجه الطالب بعظيم الشكر والامتنان إلى الأستاذ الدكتور أحمد سالم صالح والذي كانت إسهاماته العلمية في دراسة شبه جزيرة سيناء نبراساً منيراً أضاء للطالب طريق دراسته فأتوجه بالشكر الجزيل وأطال الله عمره حتى يثري المكتبة الجيومورفولوجية بالمزيد من الدراسات القيمة التي تفيد تلاميذه وزملائه ، فله من الطالب جزيل الامتنان .

ويتوجه الطالب بالشكر الجزيل إلى الأستاذ الفاضل الأستاذ الدكتور / محمد صبرى محسوب رئيس قسم الجغرافيا بالكلية على ما قدمه للطالب من عون صادق طوال دراسته بمرحلة الليسانس والماجستير والدكتوراه وفقه الله ورعاه.

أتوجه بالشكر والتقدير إلى الأستاذ معوض بدوى والأستاذ باسم خلاف لمرافقتهما الطالب في الدراسة الميدانية .

كما يتوجه الطالب بالشكر للعاملين بمكتب قسم الجغرافية بكلية الآداب جامعة القاهرة ومكتبة قسم الجيولوجيا بكلية العلوم ومكتب هيئة المساحة الجيولوجية ومعهد تكنولوجيا المعلومات والعاملين به .

ويتوجه الطالب الشكر والتقدير إلى جميع أعضاء مجلس قسم الجغرافيا لما قدموه للطالب من عون صادق أثناء أعداد هذا البحث.

كما أتوجه بعظيم شكرى وتقديري إلى السادة المدرسين المساعدين والمعيدين بالقسم لما قدموه للطالب وأخص بالذكر الأستاذ / أحمد محرم إسماعيل ، وأخيرا يتوجه الطالب باسمى ايات الشكر والعرفان لأفراد أسرته لما قدموه أثناء إعداد الرسالة. والله أسأل التوفيق والسداد .

محتويات الرسالة

أولا : فهرس الموضوعات

الموضوع	
المقدمة	أ
الفصل الأول	
الملامح الجيولوجية لحوض وادي وتير	
أولا : التوزيع الجغرافي للتكوينات الجيولوجية	٤
أ : الصخور النارية..	٤
ب : الصخور المتحولة	١٠
ج : الصخور الرسوبية والرواسب السطحية.....................	١٢
ثانيا : التتابع الطباقي	١٩
ثالثا : الجوانب البنيوية..	٣٧
أ : الصدوع...	٣٧
ب :الفواصل	٤٨
ج : الطيات..	٥٠
رابعا التطور الجيولوجي للمنطقة	٥٠
أ : خلال عصر ما قبل الكمبري	٥١
ب : خلال عصر الكريتاسي	٥٢
ج : خلال عصري الأوليجوسين والميوسين.........................	٥٢
د : خلال الزمن الرابع..	٥٤
الفصل الثاني	
حوض التصريف	
أولا : المساحة	٦١
ثانيا : أبعاد حوض التصريف	٨٠
أ : الطول	٨٠

ب : العرض	٨٢
ج : المحيط	٨٣
ثالثا : شكل الحوض	٨٤
أ : نسبة الاستطالة	٨٥
ب : نسبة الاستدارة	٨٧
ج : معامل الشكل	٩٠
د : معامل الاندماج	٩٢
هـ : معامل الانبعاج	٩٣
و : نسبة الطول ÷ العرض	٩٤
رابعا : تضرس الحوض	٩٥
أ : نسبة التضرس	٩٦
ب : درجة الوعورة	٩٨
ج : التضاريس النسبية	١٠٠
د : التكامل الهبسومتري	١٠٣
هـ : الرقم الجيومتري	١٠٤
خامسا : انحدار سطح الحوض	١٠٥
سادسا : المنحنى الهبسومتري والمرحلة الجيومورفولوجية	١١٣
سابعا : العلاقات بين متغيرات حوض التصريف	١٢١
أ : التحليل العاملي	١٢١
ب : التحليل العنقودي	١٢٥

الفصل الثالث

شبكة التصريف

أولا : التحليل المورفومتري لشبكة التصريف	١٣٣
أ : أعداد المجاري	١٣٥
ب : نسبة التشعب	١٤٣
ج : أطوال المجاري	١٤٩
د : المسافات بين المجاري	١٦٢

و : تكرارية المجاري	١٧١
ز : معدل بقاء المجاري	١٧٦
ح : نسبة النسيج الطبوغرافي	١٧٩
ط : كثافة التصريف	١٨٥
ثانيا : أنماط التصريف	١٩٤
أ : النمط الشجري	١٩٦
ب : النمط المستطيل	١٩٨
ج : النمط الإشعاعي	١٩٩
د : النمط المركزي	٢٠٠
هـ : النمط المتوازي........................	٢٠٠
و : النمط المتشابك	٢٠١
ز : النمط الشائك	٢٠١
ثالثا : أنماط التصريف طبقا لميل الطبقات	٢٠٢
أ : نمط الأودية التابعة	٢٠٢
ب : نمط الأودية التالية	٢٠٢
ج : نمط الأودية العكسية	٢٠٢
د : نمط الأودية التي تتبع خطوط صدعيه	٢٠٢
رابعا : العلاقة بين متغيرات الشبكة ومتغيرات حوض التصريف	٢٠٤
أ : التحليل العاملي لمتغيرات الحوض و الشبكة........................	٢٠٤
ب : التحليل العنقودي لمتغيرات الحوض و الشبكة........................	٢٠٧
ج : تحليل التمايز لمتغيرات الحوض و الشبكة	٢٠٩
خامسا : العوامل المؤثرة على الأحواض وشبكات التصريف	٢١١
أ : نوع الصخر و البنية الجيولوجية	٢١١
ب : التضاريس........................	٢١٥
ج : المناخ	٢١٦
د : المرحلة الجيومورفولوجية	٢١٦

الفصل الرابع **الخصائص الهيدرولوجية لحوض التصريف**	
أولا : الأمطار :	٢٢٣
أ : كمية الأمطار	٢٢٣
ب : درجة تركز المطر	٢٢٩
ج : كمية الأمطار الساقطة على حوض التصريف	٢٣٠
د : كمية الأمطار الساقطة على أحواض الروافد	٢٣٣
ثانيا : الفواقد :	٢٣٦
أ : التبخر	٢٣٦
ب : التسرب	٢٤٥
ثالثا : الجريان السطحي	٢٥٧
رابعا : العلاقة بين الجريان السطحي وخصائص حوض التصريف	٢٧٢
الفصل الخامس **منحدرات جوانب الوادي**	
أولا : طريقة الدراسة :	٢٨٥
ثانيا : أسس اختيار القطاعات الميدانية :	٢٨٨
ثالثا :تحليل زوايا الانحدار :	٢٩٠
رابعا : معدلات التقوس	٣٠٦
خامسا : أشكال المنحدرات السائدة	٣١٧
سادسا : عوامل وعمليات تشكيل المنحدرات	٣٢٨
سابعا : تطور المنحدرات :	٣٤٣
ثامنا : الأشكال الجيومورفولوجية المرتبطة بمنحدرات جوانب الوادي	٣٤٧
أ : التلال المنعزلة والشواهد الصخرية	٣٤٧
ب : ركام الهشيم	٣٤٩
ج : أشكال السقوط الصخري والانهيار الأرضي	٣٥٠

الفصل السادس

الأشكال الأرضية الرئيسية بحوض التصريف

أولا : الأشكال ذات الأصل البنيوي :	٣٥٨
أ : الحافات الصدعية	٣٥٨
ب : الكويستات	٣٦١
ج : الهوجباك	٣٦٥
د : الالتواءات المحدبة والمقعرة	٣٦٨
ثانيا : أشكال التعرية النهرية :	٣٧٢
أ : المجاري النهرية	٣٧٢
ب : القطاعات الطولية	٣٧٢
ج : أنماط الأودية	٣٨٠
د : المراوح الفيضية	٤٠٧
هـ: المدرجات النهرية	٤٢٨
و : دلتا وادي وتير	٤٥٢
ثالثا : الأشكال ذات الأصل الهوائي :	٤٥٩
أ : أشكال النحت الهوائي	٤٥٩
ب : أشكال الإرساب الهوائي	٤٦٤
رابعا : الأشكال ذات الأصل التحاتي :	٤٦٦
أ : البيدمنت	٤٦٦
ب : أسطح التعرية	٤٦٧
ملحق خاص عن إنشاء نظام معلومات جغرافي لحوض التصريف	٤٧٢
الخاتمة والتوصيات	٤٨٤
المصادر والمراجع..	٤٩٤

ثانيا : فهرس الجداول

رقم الجدول	عنوان الجدول	رقم الصفحة
١-١	مساحة التكوينات الجيولوجية بحوض وادي وتير	٥
١-٢	أعداد وأطوال الصدوع حسب اتجاهاتها	٤١
١-٣	توزيع الصدوع بحسب أطوالها	٤٢
١-٤	بعض أبعاد الفواصل بمنطقة الدراسة	٤٨
١-٥	الفترات بين الجليدية ومناسيب الأرصفة البحرية التي أرسبتها	٥٦
٢-١	أبعاد أحواض التصريف الرئيسية	٦٣
٢-٢	تصنيف أحواض الروافد بحسب مساحاتها	٦٥
٢-٣	متوسط مساحات الرتب النهرية	٧٢
٢-٤	المعاملات المورفومترية لأشكال أحواض الروافد	٨٦
٢-٥	متغيرات تضرس حوض وادي وتير وروافده	٩٧
٢-٦	التكامل الهبسومتري في حوض وادي وتير وروافده	١١٨
٢-٧	متغيرات حوض التصريف المستخدمة في التحليل الإحصائي	١٢١
٢-٨	المصفوفة العاملية لمتغيرات أحواض الروافد بوادي وتير	١٢٣
٢-٩	مصفوفة المسافات بين بعض المتغيرات الافتراضية	١٢٦
٢-١٠	نتائج التحليل العنقودي لأحواض الروافد	١٢٨
٣-١	أعداد المجاري في حوض وادي وتير وروافده	١٣٨
٣-٢	نسب التشعب في حوض وادي وتير وروافده	١٤٥
٣-٣	نسب التشعب ونسب التشعب المرجح لحوض وادي وتير وروافده	١٤٨
٣-٤	إجمالي أطوال المجاري في حوض وادي وتير وروافده	١٥٠
٣-٥	متوسط أطوال المجاري في حوض وادي وتير وروافده	١٥٧
٣-٦	متوسط المسافات بين المجاري في حوض وادي وتير وروافده	١٦٣

٣-٧	تكرارية المجاري في حوض وادي وتير وروافده	١٧٢
٣-٨	معدل بقاء المجاري لحوض وادي وتير وروافده	١٧٧
٣-٩	معدل بقاء المجاري على مستوى الرتبة النهرية	١٨٠
٣-١٠	تصنيف الأودية حسب معدل النسيج الطبوغرافي	١٧٩
٣-١١	معدل النسيج الطبوغرافي لحوض وادي وتير وروافده	١٨٣
٣-١٢	تصنيف كثافة التصريف حسب نوع الصخر	١٨٥
٣-١٣	كثافة التصريف في حوض وادي وتير وروافده	١٨٧
٣-١٤	كثافة التصريف على مستوى الرتب النهرية	١٩٠
٣-١٥	العلاقة بين كثافة تصريف الرتبة الأولى وكثافة التصريف العامة	١٩٤
٣-١٦	المصفوفة العاملية لمتغيرات الأحواض والشبكة	٢٠٥
٣-١٧	مصفوفة فيشر لمعاملات تحليل التمايز	٢١٠
٤-١	المتوسط السنوي لكميات الأمطار في بعض المحطات المناخية المختارة	٢٢٥
٤-٢	التوزيع الشهري لكميات الأمطار في بعض المحطات المختارة	٢٢٨
٤-٣	كمية الأمطار الساقطة على حوض وادي وتير وروافده	٢٣٢
٤-٤	فواقد التبخر في المحطات المختارة	٢٣٨
٤-٥	جملة الفواقد بالتبخر في حوض وادي وتير وروافده	٢٤٣
٤-٦	القيمة النسبية للمسامية والنفاذية في بعض أنواع الصخور والرواسب	٢٤٦
٤-٧	طاقة التسرب في بعض المواقع المختارة	٢٤٨
٤-٨	معدلات التسرب في بعض المحطات المختارة	٢٤٩
٤-٩	التسرب اليومي والسنوي في حوض وادي وتير وروافده	٢٥١
٤-١٠	أزمنة التركيز في حوض وادي وتير وروافده	٢٥٩
٤-١١	أزمنة التباطؤ لحوض وادي وتير وروافده	٢٦٣
٤-١٢	سرعة جريان المياه في حوض وادي وتير وروافده	٢٦٥

٤-١٣	متوسط وإجمالي الجريان السطحي خلال الفترة من ١٩٤٤-١٩٦٦	٢٧١
٥-١	الخصائص العامة للقطاعات الميدانية للمنحدرات	٢٨٦
٥-٢	تصنيف زوايا الانحدار على جوانب الوادي	٢٩٥
٥-٣	تصنيف زوايا الانحدار على الجزء الأدنى من الوادي	٣٠١
٥-٤	تصنيف زوايا الانحدار على الجزء الأعلى من الوادي	٣٠٤
٥-٥	معدلات التقوس على جوانب الوادي	٣٠٩
٥-٦	معدلات التقوس على القطاع الأدنى من الوادي	٣١١
٥-٧	معدلات التقوس على القطاع الأعلى من الوادي	٣١٤
٦-١	الأبعاد المورفومترية لأنماط مختارة من الأودية المستقيمة	٣٨٦
٦-٢	الخصائص المورفومترية لأنماط الأودية المتعرجة	٣٨٨
٦-٣	بعض الخصائص المورفومترية للأودية المنعطفة	٣٩٤
٦-٤	العلاقات الرياضية بين أبعاد المنعطفات النهرية	٣٩٦
٦-٥	الأبعاد المورفومترية لثنيات المنطقة والعلاقات بين المتغيرات	٣٩٧
٦-٦	الأبعاد المورفومترية لبعض المراوح الفيضية بالمنطقة	٤٠٨
٦-٧	نتائج التحليل الميكانيكي لرواسب المراوح الفيضية	٤٢٤
٦-٨	تصنيف رواسب المراوح الفيضية	٤٢٧
٦-٩	نتائج التحليل الميكانيكي لرواسب المدرجات النهرية	٤٤٢
٦-١٠	قيم تفلطح عينات المدرجات النهرية	٤٤٧

ثالثا : فهرس الأشكال

رقم الشكل	عنوان الشكل	رقم الصفحة
أ-١	موقع منطقة الدراسة	ج
أ-٢	الخريطة الكنتورية لحوض وادي وتير	هـ
١-١	الخريطة الجيولوجية لحوض وادي وتير	٧
١-٢	التوزيع النسبي للتكوينات الجيولوجية حسب نوع الصخور وحسب الزمن	١٤
١-٣	التتابع الإستراتيجرافي لتكوينات الزمن الأول والثاني	٢٢
١-٤	التتابع الإستراتيجرافي لتكوينات عربة وناقوس	٢٣
١-٥	التتابع الإستراتيجرافي لتكوينات جلالة	٢٥
١-٦	التتابع الإستراتيجرافي لتكوينات وطا	٢٧
١-٧	التتابع الإستراتيجرافي لتكوينات مطلة	٢٨
١-٨	التتابع الإستراتيجرافي لتكوينات ضوي	٣٠
١-٩	التتابع الإستراتيجرافي لتكوينات سدر	٣١
١-١٠	التتابع الإستراتيجرافي لتكوينات إسنا	٣٣
١-١١	التتابع الإستراتيجرافي لتكوينات عجمة الجيرية	٣٤
١-١٢	التتابع الإستراتيجرافي لتكوينات المقطم الجيرية	٣٥
١-١٣	الصدوع في حوض وادي وتير	٣٨
١-١٤	اتجاهات الصدوع في منطقة الدراسة	٤٠
١-١٥	الصدوع الرئيسية وقواطع الميوسين المبكر في خليج العقبة	٤٦
١-١٦	اتجاهات الفواصل في بعض روافد وادي وتير	٤٩
١-١٧	مستوى سطح البحر خلال الزمن الرابع	٥٥
٢-١	الروافد الرئيسية لحوض وادي وتير	٦٤
٢-٢	تصنيف الأودية حسب مساحاتها	٦٦
٢-٣	أحواض الروافد وعلاقتها بالصدوع	٧٠
٢-٤	العلاقة بين الرتب النهرية ومتوسط المساحة لحوض وادي وتير	٧٣

٢-٥-أ	العلاقة بين متوسط مساحة الروافد والرتبة النهرية	٧٥
٢-٥-ب	العلاقة بين متوسط مساحة الروافد والرتبة النهرية	٧٦
٢-٥-ج	العلاقات التجميعية بين الرتب النهرية ومتوسط المساحة	٧٧
٢-٦	أعمدة المدى لمساحات الأحواض حسب الرتب النهرية	٧٨
٢-٧	نسبة الاستطالة والاستدارة لحوض وادي وتير وروافده	٨٨
٢-٨	معامل الشكل لأحواض التصريف الرئيسية	٩١
٢-٩	العلاقة بين نسبة التضرس والمساحة	٩٩
٢-١٠	العلاقة بين التضاريس النسبية ومساحة أحواض التصريف	١٠٢
٢-١١	درجات الانحدار في وادي وتير	١٠٦
٢-١٢	المسافات بين خطوط الكنتور في حوض وادي وتير	١٠٨
٢-١٣	اتجاهات الانحدار في وادي وتير	١٠٩
٢-١٤	درجات الانحدار في أحواض الروافد الرئيسية	١١١
٢-١٥	نسبة الانحدار في أحواض الروافد الرئيسية	١١٢
٢-١٦	المنحنى الهبسومتري لحوض وادي وتير	١١٤
٢-١٧-أ	المنحنيات الهبسومترية لأحواض الروافد في وادي وتير	١١٦
٢-١٧-ب	المنحنيات الهبسومترية لأحواض الروافد في وادي وتير	١١٧
٢-١٨	المرحلة الجيومورفولوجية لأحواض التصريف	١٢٠
٢-١٩	التحليل العنقودي الشجري لأحواض الروافد	١٢٧
٢-٢٠	التحليل العنقودي لأحواض التصريف	١٢٩
٣-١	شبكة التصريف بحوض وادي وتير	١٣٦
٣-٢-أ	العلاقة بين أعداد المجاري والرتبة النهرية	١٣٩
٣-٢-ب	العلاقة بين أعداد المجاري والرتبة النهرية	١٤٠
٣-٢-ج	العلاقات التجميعية بين الرتبة النهرية وأعداد المجاري	١٤١
٣-٣	العلاقة بين مساحة أحواض التصريف وأعداد المجاري	١٤٢
٣-٤	نسب التشعب في حوض وادي وتير وروافده	١٤٦
٣-٥	العلاقة بين نسب التشعب ونسب التشعب المرجح لحوض وادي وتير وروافده	١٤٨
٣-٦-أ	العلاقة بين إجمالي أطوال المجاري والرتبة النهرية	١٥١

٣-٦-ب	العلاقة بين إجمالي أطوال المجاري والرتبة النهرية.	١٥٢
٣-٦-ب	العلاقات التجميعية بين الرتبة النهرية وإجمالي أطوال المجاري	١٥٣
٣-٧	العلاقات بين مساحات أحواض التصريف وإجمالي أطوال المجاري في حوض وادي وتير وروافده	١٥٥
٣-٨-أ	العلاقة بين متوسط أطوال المجاري والرتبة النهرية	١٥٨
٣-٨-أ	العلاقة بين متوسط أطوال المجاري والرتبة النهرية	١٥٩
٣-٨-ج	العلاقات التجميعية بين متوسط أطوال المجاري والرتبة النهرية	١٦٠
٣-٩-أ	العلاقة بين المسافات بين المجاري والرتبة النهرية	١٦٤
٣-٩-ب	العلاقة بين المسافات بين المجاري والرتبة النهرية	١٦٥
٣-٩-ج	العلاقات التجميعية بين متوسط المسافات بين المجاري والرتبة النهرية	١٦٦
٣-١٠	اتجاهات المجاري النهرية في بعض روافد وادي وتير	١٦٩
٣-١١	العلاقة بين اتجاهات المجاري واتجاهات الصدوع في وادي وتير	١٧٠
٣-١٢	تكرارية المجاري في حوض وادي وتير وروافده	١٧٣
٣-١٣	العلاقة بين الرتبة النهرية وتكرارية المجاري	١٧٥
٣-١٤	معدل بقاء المجاري في حوض وادي وتير وروافده	١٧٨
٣-١٥	معدل بقاء المجاري على مستوى الرتبة النهرية	١٨١
٣-١٦	معدل النسيج الطبوغرافي في حوض وادي وتير وروافده	١٨٤
٣-١٧	كثافة التصريف في حوض وادي وتير وروافده	١٨٨
٣-١٨-أ	العلاقة بين كثافة التصريف والرتبة النهرية	١٩١
٣-١٨-ب	العلاقة بين كثافة التصريف والرتبة النهرية	١٩٢
٣-١٨-ج	العلاقات التجميعية بين كثافة التصريف والرتبة النهرية	١٩٣
٣-١٩	العلاقة بين كثافة التصريف وكل من المساحة ومعدل التضرس	١٩٥

٣-٢٠	أنماط التصريف النهري في حوض وادي وتير	١٩٧
٣-٢١	تصنيف الأودية طبقا لميل الطبقات	٢٠٣
٣-٢٢	خطوات التحليل العاملي	٢٠٦
٣-٢٣	التحليل العنقودي لمتغيرات الأحواض والشبكات	٢٠٨
٤-١	المحطات المناخية المستخدمة لمنطقة الدراسة	٢٢٢
٤-٢	خطوط المطر المتساوي بحوض وادي وتير	٢٢٤
٤-٣	كمية الأمطار الساقطة على حوض وادي وتير	٢٢٦
٤-٤	التوزيع الشهري لكميات الأمطار في المحطات المختارة	٢٢٧
٤-٥	العلاقة بين كمية الأمطار الساقطة على الأحواض ومتوسط المطر السنوي	٢٣٥
٤-٦	خطوط التبخر المتساوي (الشهري)	٢٤٠
٤-٧	العلاقة بين المطر والتبخر في حوض وادي وتير	٢٤١
٤-٨	العلاقة بين التبخر والمطر لأحواض روافد وادي وتير	٢٤٤
٤-٩	معدل التسرب اليومي في دلتا وادي وتير	٢٥٠
٤-١٠	التسرب اليومي في حوض وادي وتير	٢٥٤
٤-١١	كمية التسرب اليومي في حوض وادي وتير وروافده	٢٥٦
٤-١٢	أزمنة التركيز في حوض وادي وتير وروافده	٢٦٠
٤-١٣	بعض المتغيرات الهيدرولوجية لأحواض الروافد	٢٦٦
٤-١٤	العلاقة بين الجريان السطحي ومساحة أحواض التصريف وإجمالي أطوال المجاري	٢٧٤
٤-١٥	تأثير مساحة وشكل الحوض على الجريان السطحي	٢٧٦
٤-١٦	العلاقة بين الجريان السطحي وزمن التركيز وزمن التباطؤ	٢٧٩
٥-١	مواقع القطاعات الميدانية على وادي وتير	٢٨٩
٥-٢-أ	القطاعات الميدانية على القطاع الأدنى من الوادي	٢٩١
٥-٢-ب	القطاعات الميدانية على القطاع الأعلى من الوادي	٢٩٢
٥-٣	التوزيع التكراري لزوايا الانحدار على جوانب الوادي	٢٩٦
٥-٤	التوزيع التكراري لزوايا الانحدار على جوانب الجزء الأدنى - الناري - من الوادي	٣٠٢

٣٠٥	التوزيع التكراري لزوايا الانحدار على جوانب الجزء الأعلى – الرسوبي – من الوادي	٥-٥
٣٠٨	معدلات التقوس لجوانب الوادي	٥-٦
٣١٢	معدلات التقوس لجوانب الجزء الأدنى من الوادي	٥-٧
٣١٥	معدلات التقوس لجوانب الجزء الأعلى من الوادي	٥-٨
٣١٩	أنماط المنحدرات	٥-٩
٣٢٦	نمط المنحدرات السلمية	٥-١٠
٣٤٤	المراحل التطورية للمنحدرات	٥-١١
٣٦٣	الكويستات الرئيسية بحوض وادي وتير	٦-١
٣٧٤	القطاع الطولي لوادي وتير وروافده الرئيسية	٦-٢
٣٧٩	القطاعات الطولية للروافد الثانوية بوادي وتير	٦-٣
٣٨٥	أنماط مختارة من الأودية المستقيمة	٦-٤
٣٨٦	العلاقة بين أطوال الأودية المستقيمة ومتوسط عرض الوادي	٦-٥
٣٩٠	أنماط مختارة من الأودية المتعرجة	٦-٦
٣٩٣	نماذج مختارة من الأودية المنعطفة	٦-٧
٤٠٠	أنماط الأودية المتشعبة بالمنطقة	٦-٨
٤٢٦	المدرجات التكرارية والمنحنيات المتجمعة لرواسب المراوح الفيضية	٦-٩
٤٤٤	المدرجات التكرارية والمنحنيات المتجمعة لرواسب المدرجات النهرية	٦-١٠
٤٤٨	العلاقات بين المعاملات الإحصائية لرواسب المدرجات النهرية	٦-١١
٤٥٣	دلتا وادي وتير	٦-١٢
٤٥٥	القطاعات التضاريسية على دلتا وادي وتير	٦-١٣
٤٧١	الخريطة الجيومورفولوجية لحوض وادي وتير	٦-١٤

رابعا : فهرس الصور

رقم الصورة	عنوان الصورة	رقم الصفحة
١-١	انتشار السدود الرأسية والأفقية في الصخور النارية	٦
١-٢	صخور الجرانيت وتبدو في صورة كتلية وحوائط رأسية شديد الانحدار وتنتشر بها السدود الأفقية والرأسية	٦
١-٣	أحد الأودية الخانقية على الحافة الشرقية عند مخرج الوادي الرئيسي	٩
١-٤	الجرانيت الأحمر على الحافة الغربية عند مخرج الوادي الرئيسي	١١
١-٥	تكوينات الحجر الرملي على جوانب الوادي	١٥
١-٦	صخور الحجر الجيري الطباشيري على الجانب الأيسر لوادي أبيض بطنه	١٥
١-٧	رواسب بطون الأودية في وادي أبيض بطنه	٢٠
١-٨	الرواسب السطحية في دلتا وادي وتير ومعظمها رواسب ناعمة وتظهر بعض النبكات	٢٠
١-٩	أحد الصدوع التي سجلها الطالب في صخور الحجر الجيري	٤٣
١-١٠	انتشار ظهور الخنازير السلمية المرتبطة بعمليات التصدع	٤٧
٣-١	تتابع الطبقات الصلبة مع الطبقات اللينة شرق وادي وتير	٢١٣
٣-٢	تتابع الطبقات الصلبة مع الطبقات اللينة في صخور الحجر الجيري	٢١٣
٣-٣	الرواسب الناعمة تغطي مجرى أحد الأودية في الصخور الرملية	٢١٤
٣-٤	ضيق الوادي في منطقة الصخور النارية	٢١٤
٣-٥	انتشار عمليات الإذابة في صخور الحجر الرملي	٢١٧
٣-٦	آثار التجوية الكيميائية في صخور الحجر الرملي	٢١٧
٥-١-أ	الانحدارات الشديدة في الجزء الأدنى من الوادي	٢٩٣

٥-١-ب	ضيق قاع الوادي في الجزء الأدنى من الوادي	٢٩٣
٥-٢	منحدرات الجزء الأعلى من الوادي	٢٩٤
٥-٣-أ	أحد السدود الأفقية أدى تآكله إلى شدة الانحدار	٢٩٨
٥-٣-ب	مجموعة من القواطع والسدود تخترقها بعض المسيلات المائية	٢٩٨
٥-٤	منحدرات الجروف على جوانب وادي وتير	٣٠١
٥-٥	حافات مدرج ١,٥-٢ متر وتظهر في صورة رأسية	٣٠١
٥-٦	نمط منحدرات الجروف المقعرة في الصخور النارية	٣٢٢
٥-٧	منحدرات الجروف المقعرة في الصخور الرسوبية	٣٢٢
٥-٨-أ	المنحدرات المستقيمة على جوانب الوادي	٣٢٤
٥-٨-ب	المنحدرات المستقيمة على الصخور النارية	٣٢٤
٥-٩	نمط المنحدرات المستقيمة في صخور الحجر الرملي	٣٢٥
٥-١٠-أ	نمط المنحدرات المحدبة المقعرة	٣٢٧
٥-١٠-ب	نمط المنحدرات المحدبة المقعرة	٣٢٧
٥-١١	أثر المياه الجارية في تشكيل منحدرات القطاع الأدنى من الوادي	٣٣٢
٥-١٢	أثر المياه الجارية في تشكيل منحدرات القطاع الأعلى من الوادي	٣٣٢
٥-١٣	عمليات التقشر وتكوين قباب التقشر	٣٣٦
٥-١٤	عمليات التفكك الكتلي في صخور الجرانيت	٣٣٦
٥-١٥-أ	عمليات التفكك الكتلي في صخور الحجر الرملي	٣٣٧
٥-١٥-ب	عمليات التفكك الكتلي في صخور الحجر الجيري	٣٣٧
٥-١٦	حفر الإذابة الناتجة عن التجوية الكيميائية	٣٣٩
٥-١٧	القشور الملحية التي تتكون على أسطح المنحدرات بفعل التجوية الكيميائية	٣٣٩
٥-١٨	أثر زخات المطر في صخور الجرانيت على منحدرات جوانب الوادي	٣٤١
٥-١٩	عملية التساقط الصخري في قاع أحد الروافد الخانقية	٣٤١

٥-٢٠	أحد التلال الصغيرة المتخلفة عن تراجع جوانب الوادي في قطاعه الأدنى	٣٤٨
٥-٢١	الشواهد الصخرية في صخور الحجر الرملي	٣٤٨
٥-٢٢-أ	رواسب ركام الهشيم على منحدرات جوانب الوادي في الصخور النارية	٣٥١
٥-٢٢-ب	رواسب ركام الهشيم على الجانب الشرقي للوادي	٣٥١
٥-٢٣	الانزلاقات الصخرية على جوانب الوادي في نطاق الصخور النارية	٣٥٢
٥-٢٤	تراكم الكتل المنزلقة والساقطة عند أقدام المنحدرات	٣٥٢
٥-٢٥	إحدى الكتل الصخرية وقد احتجزت في أحد الخوانق	٣٥٣
٦-١	الحافات الصدعية للروافد الشمالية لوادي نخيل	٣٥٩
٦-٢	الحافات الصدعية في أحد الروافد الشرقية لوادي البيارية	٣٥٩
٦-٣	الحافات الصدعية في الجزء الشمالي الشرقي للوادي	٣٦٠
٦-٤	الحافات الصدعية في منطقة الخانق الملون في الروافد الشمالية لوادي نخيل	٣٦٠
٦-٥	الحافات الصدعية الثانوية على جوانب وادي غزالة	٣٦٢
٦-٦	الحافات الصدعية على جوانب وادي وتير	٣٦٢
٦-٧	مجموعة متتابعة من ظهور الخنازير	٣٦٦
٦-٨	ظهور مجموعة من الهوجباك ويظهر عليها أثر عمليات التجوية الميكانيكية والكيميائية	٣٦٦
٦-٩	بانوراما لأحد ظهور الخنازير وقد بلغت درجة الانحدار على الظهر نحو ٢١ ويلاحظ تقطعها بفعل التعرية المائية	٣٦٧
٦-١٠	إحدى الطيات المقعرة أمام مخرج وادي العراضة	٣٦٩
٦-١١	أحد الصدوع الصغيرة في جانب طية مقعرة على الجانب الأيسر لوادي البيارية	٣٦٩
٦-١٢	بانوراما لإحدى الطيات المحدبة الصغيرة على الجانب الشرقي لوادي وتير	٣٧١
٦-١٣	إحدى نقط التجديد على أحد روافد وادي الزلقة	٣٧٦

٦-١٤	تتابع من نقط التجديد التركيبية على أحد الروافد الجنوبية لوادي الزلقة	٣٧٦
٦-١٥	نقط التجديد التركيبية السلمية على أحد روافد وادي ساكت سكوت	٣٨١
٦-١٦	تتابع من نقط التجديد التركيبية التي نشأت بفعل الإنكسارات	٣٨١
٦-١٧	مجموعة متتابعة من حفر الغطس على أحد روافد وادي صمغي	٣٨٢
٦-١٨	تراكم الرواسب الناعمة في إحدى حفر الغطس	٣٨٢
٦-١٩	أنماط الأودية المتعرجة بوادي ساكت سكوت	٣٩١
٦-٢٠	الثنيات النهرية في وادي ساكت سكوت	٣٩١
٦-٢١	نمط الأودية المتعرجة بوادي نخيل	٣٩١
٦-٢٢	إحدى الثنيات النهرية على وادي وتير	٣٩٥
٦-٢٣	إحدى الثنيات النهرية على بعد ١٢ كم من مخرج الوادي	٣٩٥
٦-٢٤	جزيرة رسوبية صغيرة في قاع وادي الزلقة	٤٠٢
٦-٢٥	النحت في جوانب إحدى الجزر الرسوبية في قاع مجرى وادي غزالة	٤٠٢
٦-٢٦	إحدى الجزر الرسوبية في قاع وادي وتير	٤٠٢
٦-٢٧	الكتل الصخرية الكبيرة فوق إحدى الجزر الرسوبية بوادي غزالة	٤٠٣
٦-٢٨	تراكم الرواسب الخشنة فوق الجزر الرسوبية بوادي الزلقة	٤٠٣
٦-٢٩	جزيرة رسوبية صغيرة في قاع وادي ساكت سكوت	٤٠٣
٦-٣٠	إحدى الجزر الصخرية بقاع وادي غزالة	٤٠٤
٦-٣١	الجزر الصخرية بوادي نخيل	٤٠٤
٦-٣٢	الجانب المواجه للمنبع بجزيرة نخيل الصخرية والذي يظهر شديد الانحدار ويكاد يخلو من الرواسب	٤٠٦
٦-٣٣	تقطع جوانب جزيرة نخيل الصخرية المواجهة للمصب	٤٠٦
٦-٣٤	مروحة وادي ساكت سكوت على الجانب الشرقي لوادي وتير	٤١٠

٦-٣٥	إحدى المراوح الفيضية التي كونها أحد روافد وادي نخيل	٤١٠
٦-٣٦	بانوراما لإحدى المراوح الفيضية بوادي نخيل	٤١١
٦-٣٧	مروحة وادي البطم ويلاحظ قلة الانحدار وانتشار النباتات	٤١٣
٦-٣٨	مروحة وادي قديرة في نطاق الصخور الرسوبية	٤١٣
٦-٣٩	اثنتان من المراوح المركبة شمال مخرج وادي وتير	٤١٤
٦-٤٠	انتشار الرواسب الخشنة والحصى كبير الحجم قليل الاستدارة فوق سطح أحد المراوح المركبة	٤١٤
٦-٤١	المجاري المائية الرئيسية فوق أسطح المراوح الفيضية	٤١٦
٦-٤٢	قنوات النحت المائي فوق سطح مروحة وادي نخيل	٤١٦
٦-٤٣	الرواسب العميقة في إحدى المراوح	٤١٦
٦-٤٤	الجزر الحصوية فوق إحدى المراوح الفيضية	٤١٨
٦-٤٥	بعض الجزر الصخرية فوق مروحة وادي أبو خشيب	٤١٨
٦-٤٦	أحد المدرجات عند قاعدة المروحة وقد تعرضت للتآكل	٤١٨
٦-٤٧	مدرجان من مدرجات السيول الموجودة عند قاعدة إحدى المراوح على منسوب (٢ ، ١ متر)	٤٢٠
٦-٤٨	بانوراما لإحدى برك السيول التي تكونت عند قاعدة إحدى المراوح الفيضية	٤٢١
٦-٤٩	مدرج (٢-٣ متر) على الجانب الأيمن لوادي نخيل	٤٢٩
٦-٥٠	مدرج ٢-٣ متر على جانبي وادي سعدي	٤٣١
٦-٥١	رواسب مدرج (٢-٣ متر) بوادي سعدي	٤٢٩
٦-٥٢	مدرج (٢-٣ متر) على جوانب وادي أم الهجيج	٤٢٩
٦-٥٣	مدرج ٦ متر على جوانب وادي وتير الأعلى	٤٣٣
٦-٥٤	مدرج ٦ متر على جانب وادي لتحي الدوني	٤٣٣
٦-٥٥	مدرج ٦ متر على جوانب وادي أم الهجيج	٤٣٣
٦-٥٦	رواسب مدرج ٦ متر بوادي سعدي	٤٣٤
٦-٥٧	مدرج ٨-٩ متر على جوانب وادي وتير	٤٣٥
٦-٥٨	مدرج ٩ متر على جوانب وادي سعدي	٤٣٥
٦-٥٩	مدرج ١٥ متر على جوانب وادي وتير الأعلى	٤٣٧

٦-٦٠	مدرج ١٥ متر على جوانب وادي وتير	٤٣٧
٦-٦١	مدرج ١٥ متر بوادي الزلقة ويظهر مدرج ٢-٣ متر في الجزء الأسفل ويتألف من الرواسب الناعمة	٤٣٨
٦-٦٢	سطح مدرج ١٥ متر وتظهر الكتل كبيرة الحجم	٤٣٨
٦-٦٣	مدرج ١٥ متر على جوانب وادي الصوالة	٤٣٨
٦-٦٤	مدرج ٣٠ متر بوادي الزلقة	٤٣٩
٦-٦٥	مدرج ٣٠ متر بوادي سعدي	٤٣٩
٦-٦٦	أحد المدرجات العرضية بقاع وادي ساكت سكوت	٤٤١
٦-٦٧	تعاقب الإرسابات الهوائية مع الرواسب الفيضية في قطاع من مدرج ٢-٣ متر الناتج عن السيول الحديثة	٤٤٦
٦-٦٨	التتابع الطباقي لرواسب مدرج ٢-٣ متر بوادي الزلقة	٤٤٦
٦-٦٩	بانوراما لدلتا وادي وتير	٤٥٧
٦-٧٠	أحد الكثبان الرملية في النطاق الشمالي للدلتا	٤٥٨
٦-٧١	أسطح السبخات في الجزء الجنوبي من الدلتا	٤٥٨
٦-٧٢	بعض أشكال الموائد الصحراوية بالمنطقة	٤٦٠
٦-٧٣	إحدى المظلات الصحراوية في صخور الحجر الرملي	٤٦٠
٦-٧٤	أحد الكهوف المثلثية في الصخور النارية بالمنطقة	٤٦٢
٦-٧٥	كهف على هيئة نصف دائرة في الصخور النارية	٤٦٢
٦-٧٦	فجوات وثقوب الرياح في صخور الحجر الجيري	٤٦٣
٦-٧٧	أحد الكهوف الثانوية في صخور الحجر الجيري	٤٦٣
٦-٧٨	الكثبان الصاعدة على جوانب روافد الوادي	٤٦٥
٦-٧٩	الرمال المنجرفة ومجروفات الرمال في نطاق الصخور النارية	٤٦٥
٦-٨٠	مجوعة من النبكات الرملية أمام مصب أحد الروافد الشمالية للوادي	٤٦٥

المقدمة

أولاً : موقع منطقة الدراسة وملامحها العامة .

ثانياً : أسباب اختيار الموضوع وأهداف الدراسة .

ثالثاً : منهج وأدوات الدراسة .

رابعاً : وسائل البحث .

خامساً : محتويات الدراسة.

أولا : موقع الدراسة وملامحها العامة :

تعتبر شبه جزيرة سيناء من الأقاليم الجيومورفولوجية المتميزة في الأراضي المصرية، وقد بدأت الدولة في الآونة الأخيرة تدرك البعد الجغرافي والإستراتيجي لشبه جزيرة سيناء، ومن ثم بدأت تتجه إليها عمليات التنمية وخاصة في أعقاب نقل مياه نهر النيل إلى سيناء عبر ترعة السلام ، وتعد موارد المياه من أهم العناصر التى تعتمد عليها عمليات التنمية وخاصة فى المناطق الجافة .

وتضم شبه جزيرة سيناء مجموعة من أحواض التصريف الجافة التي تمثل إرثاً لظروف مناخية وهيدرولوجية سابقة ، وتتراوح مساحة هذه الأحواض بين ٣٠٠ كم٢ وأكثر من ١٩ ألف كم٢ (وادي العريش) ، كذلك توجد بعض الأحواض التى تقل مساحتها عن ٣٠٠ كم٢ وتصب فى خليجي العقبة والسويس .

وتتسم هذه الأحواض بالجفاف فى الوقت الحاضر ولا تجرى بها المياه إلا عندما تسقط عليها الأمطار فى صورة وابل من السيول غير منتظمة الكمية ولا محددة في وقتها .

ويمكن تقسيم أحواض شبه جزيرة سيناء إلى ما يلي :-

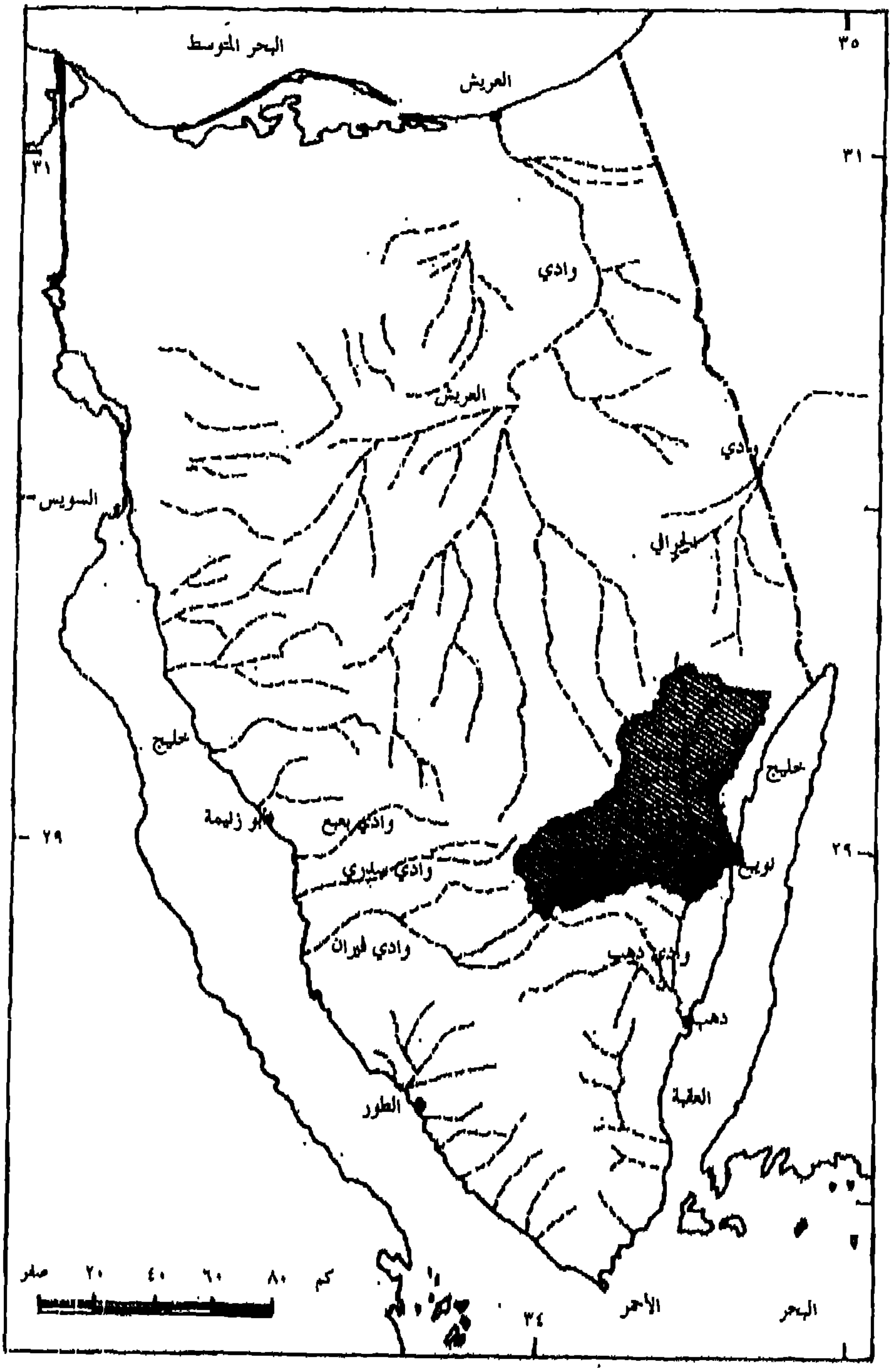
أ- أحواض تصريف خليج السويس وأهمها أودية فيران وسدر وغرندل .

ب- أحواض تصريف البحر المتوسط وأهمها وادي العريش الذي يعد أكبر أودية شبه جزيرة سيناء قاطبة .

ج- أحواض تصريف خليج العقبة وأهمها أودية دهب وكيد ووادي وتير (محل الدراسة الحالية).

يقع وادي وتير فى النصف الجنوبي من شبه جزيرة سيناء ، ويعد أكبر أحواض التصريف التى تصب فى خليج العقبة ، وفلكياً يقع الوادي بين خطى عرض ٢٩ َ ٤٦ ٢٨ " ، ٢٩ َ ٣٣ ٣٧ " شمالاً وبين خطى طول ٣٦ َ ٥٣ ٣٣ " ، ٣٤ َ ٤٣ ٠٨ " شرقا، أى أنه يمتد لقرابة درجة عرض واحدة وكذلك لقرابة درجة طول واحدة .

ويحد حوض التصريف من الشمال أحواض تصريف وادي الجرافي ووادي العريش ومن الغرب يحده أحواض العريش وسدري وفيران، أما من الجنوب فتحده أحواض الرساسة ودهب ، ومن جهة الشرق تحده بعض الأحواض الصغيرة التى تصب فى خليج العقبة وأهمها أحواض مقبلا، المحاش الأعلى، المحاش الأسفل والمالحة والمرازيق ، كما يشرف الحوض على خليج العقبة من خلال دلتا الوادي .



شكل (أ-١)

موقع منطقة الدراسة

وتبلغ مساحة الوادي نحو ٣٥٩٣ كم٢ ، ويحتل الحوض المرتبة الثانية من حيث المساحة بعد وادي العريش الذي تبلغ مساحته نحو ٢٠,٠٠٠كم٢ ، ويصب الوادي فى خليج العقبة شمال ميناء نويبع بنحو ٢ كم ، شكل (أ-١) .

ويمثل الحوض نحو ٥,٥٠ ٪ تقريباً من مساحة شبه جزيرة سيناء، بينما يمثل نحو ٠,٣٥ ٪ من مساحة الأراضي المصرية ويبلغ أقصى طول للحوض نحو ٧٧ كم بدءاً من نقطة المصب وحتى أبعد نقطة على محيط الحوض وتقع على خط عرض ٣٢ً ٥٦َ ٢٨ ° ، وخط طول ٤٥ً ٥٣َ ٣٣ ° ، ويبلغ طول خط تقسيم المياه نحو ٣٧٠ كم.

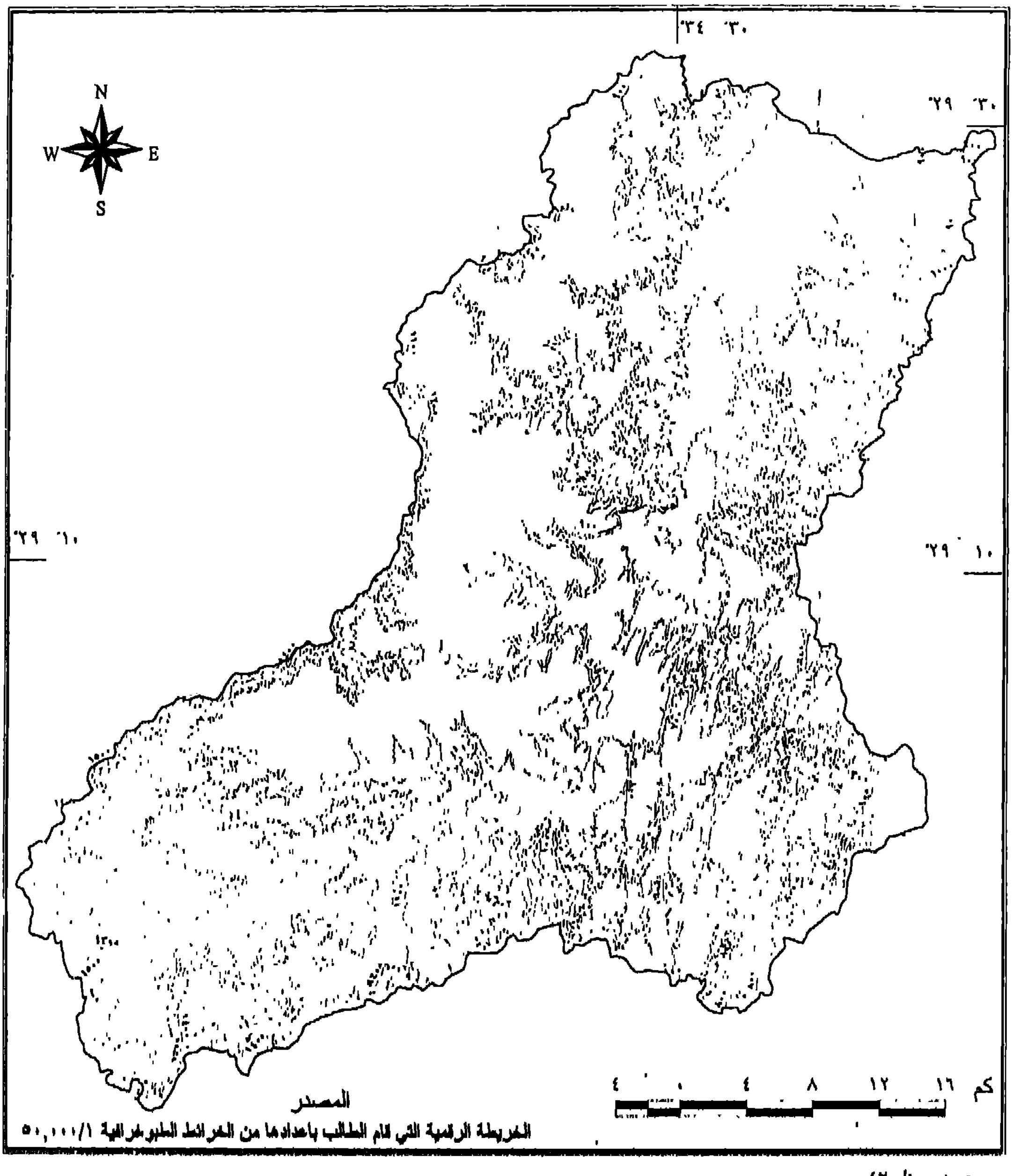
ويبلغ أقصى عرض للوادي نحو ١٠٨ كم فى الجزء الجنوبي حيث يوجد رافده الرئيسي وادي الزلقة.

وإذا افترضنا خطاً وهمياً ينصف الحوض إلى قسمين شمالي وجنوبي فسوف نجد أن نحو ٦٥٪ من مساحة الحوض تتركز فى القسم الجنوبي كما يوجد به أقصى اتساع للحوض، ويتركز فى هذا الجزء معظم روافد وادي وتير وأهمها على الإطلاق وادي الزلقة الذي تمثل مساحته نحو ثلث مساحة الحوض ، أما القسم الشمالي فيتركز فيه وادي وتير الأعلى وروافده ويبلغ متوسط عرض هذا القسم نحو ٣٥ كم فقط ، ويقل اتساع الوادي فى قسمه الشمالي حيث يمثل فى بعض الأحيان بعض الألسنة التى تتداخل مع حوض وادي العريش ووادي الجرافي .

يتسم سطح الحوض بانحداره بصفة عامة من الجنوب صوب الشمال حيث تتركز الارتفاعات الكبيرة فى الجنوب والجنوب الغربي إذ يصل أقصى ارتفاع فى المنابع الغربية لوادي الزلقة ويبلغ نحو ١٦٠٠متر فوق مستوى سطح البحر، بينما يمثل منسوب سطح البحر أخفض مناسيب الحوض عند دلتا وتير ، ويقل الانحدار بالاتجاه شمالاً ، شكل (أ-٢) .

ويوجد بحوض التصريف بعض القمم الجبلية يصل ارتفاع بعضها لأكثر من ١٠٠٠متر وأهم هذه القمم جبل العراضة (١٠٢٥) متر فى الجزء الجنوبي للحوض ، وجبل المالحة (٩٨٨) متر الذي يوجد على خط تقسيم المياه بين وادي سعدي (أحد روافد وادي وتير الأعلى) ووادي المالحة ، جبل أبو صوير (١١٦٩) متر التى يفصل بين وادي العلاقة داخل حوض التصريف ووادي المحاش الأسفل خارج حوض التصريف ، جبل غليم (١٢٢٩) متر فى الجزء الجنوبي للحوض ، كما يوجد جبل الجنة (١٥٨٣) متر وتنبع منه الروافد العليا لوادي الزلقة ، كذلك توجد بعض القمم الأخرى فى الجزء الشمالي من الحوض مثل جبل أبو بطيمة (٨٦٥) متر ، جبل أم كحيل (٩٠٠) متر وجبل الشعيرة (١٠٢٠) متر .

ويختلف اتجاه الانحدار من جزء لاخر فعلى سبيل المثال يتسم الجزء الشرقي بانحداره صوب الغرب حيث تجرى كثير من الروافد من الشرق إلى الغرب وأهمها أودية العراضة



شكل (أ-٢)

الخريطة الكنتورية لحوض وادي وتير

وأبو الثلم وسعدي ونخيل ، أما الجزء الغربي من الحوض فينحدر نحو الشرق والشمال وتجرى به أهم روافد الوادي وهى الزلقة، وقديرة والصوانة والبطم .

وتتقارب خطوط الكنتور فى الجزء الجنوبي والشرقي من الحوض حيث تصل الانحدارات فى بعض الأحيان لأكثر من ٤٠ درجة ، كما توجد الحافات شديدة الانحدار والتى تحدد قيعان الروافد فى هذه المنطقة ، ويرجع ذلك بصفة أساسية إلى طبيعة الصخور النارية التى تتسم بشدة تضرسها .

وبالنسبة لخط تقسيم المياه فهو يحدد حدود حوض التصريف ويتسم بوضوحه فى أغلب مساراته ، ويبدأ خط تقسيم المياه فى الجزء الشمالي لدلتا وتير عند قرية نويبع الترابين ثم يتجه صوب الشمال الغربي لمسافة نحو ١٥كم حيث يفصل بين الروافد الجنوبية لوادي المالحة والروافد الشرقية لوادي وتير وأهمها نخيل وأم مثله والبيارية ، وبعد ذلك يأخذ خط تقسيم المياه الاتجاه الشمالي تقريبا وفى هذا الجزء الذي يبلغ طوله نحو ١٠كم توجد بعض القمم الجبلية وأهمها من الجنوب إلى الشمال جبل العراضة (١٠٢٥ متر) وجبل المالحة (١٠١٤ متر) وجبل أبو صوير (١١٦٩ متر) ، ويفصل خط تقسيم المياه فى هذا القطاع بين روافد وادي المالحة المعترشة والمالحة الرويانة وأودية البرقة وسعدي وأبو علاقة ، ثم يبدأ خط تقسيم المياه فى اتخاذ الاتجاه الشمالي الشرقي والشمالي لمسافة نحو ٣٥كم ، ويتسم خط تقسيم المياه بأنه يسير فى منطقة شديدة التضرس تقطعها الكثير من الصدوع ، كذلك توجد بعض القمم المرتفعة أهمها من الجنوب إلى الشمال ، جبل أم سد (٨٨٤ متر)، جبل التيهي (٥٠٨ متر)، جبل أم علده (٩٩٥ متر) ، ويمثل جبل البيرات (٩٧٦متر) ، النقطة التى يبدأ عندها خط تقسيم المياه فى الاتجاه غربا ولمسافة تبلغ نحو ٤٠ كم ، ويسير خط تقسيم المياه فى هذا الجزء فى منطقة قليلة الانحدار حتى أنه يصعب في بعض الأحيان تحديد خط تقسيم المياه بدقة بين الروافد الجنوبية لوادي الجرافي والروافد الشمالية لوادي وتير الأعلى وأهمها وادي مجرح ووادي الرغوي كما تتسم المجارى فى هذه المنطقة بتشعبها وعدم وضوح جوانبها فى بعض الأحيان ، وعند جبل الشعيرة (١٠٢٠) متر ، يبدأ خط تقسيم المياه فى الاتجاه صوب الجنوب الغربي لمسافة نحو ٦٠ كم وفى منطقة يتراوح ارتفاعها بين ١٠٠٠، ٩٠٠ متر، ويفصل خط تقسيم المياه فى هذا القطاع بين الروافد الجنوبية لوادي عقابه -أحد روافد وادي العريش وبين روافد وادي وتير وأهمها أودية البطم وقديرة وسرملبة ، وبعد ذلك يتجه خط تقسيم المياه صوب الجنوب والجنوب الغربي ويسير مع حافة كويستا العجمة التى تنحدر انحدارا شديدا صوب حوض التصريف وتوجد فى هذا الجزء أهم روافد وادي الزلقة وهما واديا البيار والمفجر ، ثم يتجه خط تقسيم المياه صوب الجنوب والجنوب الشرقي

ويفصل بين روافد وادي سدري وفيران وبين روافد وادي الزلقة وأهمها وادي كحيله ووادي شيطى .

وعند جبل جنه يبدأ خط تقسيم المياه فى الاتجاه صوب الشرق ويفصل بين الروافد الشمالية لوادي دهب والروافد الجنوبية لوادي الزلقة، وتوجد أعلى الارتفاعات فى هذا القطاع حيث يصل منسوب جبل الجنة لنحو ١٥٨٣ مترا فوق مستوى سطح البحر، ثم يبدأ خط تقسيم المياه فى الاتجاه صوب الشمال الشرقي حتى يلتقي مع خط الشاطئ جنوب ميناء نويبع، ويفصل خط تقسيم المياه فى هذا القطاع بين بعض الروافد الصغيرة التى تصب فى خليج العقبة والروافد الشرقية لوادي الصعدة البيضا .

ويتسم حوض التصريف بتنوع التكوينات الجيولوجية إذ توجد الصخور النارية والمتحولة فى القسم الجنوبي والشرقي من الحوض ومعظم الصخور النارية يتألف من صخور الجرانيت والديوريت ، ويجرى فى هذا الجزء الروافد الصغيرة لوادي وتير وأهمها أودية نخيل وأم مثله وصمغي وغزالة ، أما الصخور الرسوبية فتغطى أغلب سطح الحوض وتوجد فى النطاق الأوسط والشمالي ، وتتألف الصخور الرسوبية من صخور الحجر الجيري والحجر الرملي ، كذلك يوجد بعض تكوينات الطفل فى الجانب الغربي من الحوض، وتتسم الأودية التى تجرى فوق الصخور الرسوبية باتساعها وكبر مساحات أحواضها وكذلك عظم شبكة تصريفها ، ومعظم أجزاء الرافدين الرئيسيين للوادي وهما واديا الزلقة ووتير الأعلى تجرى فوق الصخور الرسوبية.

كما توجد بالحوض العديد من الصدوع التى تأخذ اتجاهات وأطوال متباينة وقد أثرت هذه الصدوع بصورة كبيرة على نشأة وتطور شبكة التصريف بالحوض.

ويتسم مجرى وادي وتير باتساعه فى قسمه الشمالي وهو الجزء الذي سمى وتير الأعلى، بينما يتسم الجزء الأدنى من المجرى بضيقه الشديد ويبلغ طول هذا القطاع نحو ٤٠ كم، ويكون الوادي فى القطاع خانقيا ويتراوح عرضه بين ١٠ إلى ٢٠ مترا ويحيط به حافات شديدة الانحدار .

يتألف وادي وتير من التقاء العديد من الروافد يبلغ عددها ١٩ رافدا تتراوح رتبتها النهرية بين المرتبة الرابعة والتاسعة ، وتتصل هذه الروافد بوادي وتير الأدنى لتكون شبكة تصريف وادي وتير، وقد اتبع الطالب فى هذا التقسيم الأسس التى وضعها سترالر ، وقد بلغ عدد المجارى بالحوض نحو ٥٥,٠٠٠ مجرى Segment ، وتشغل الرتبة الأولى نحو ٧٦٪ من أعداد المجارى تليها الرتبة الثانية بنسبة ١٨,٧٪ من إجمالي أعداد المجارى ، ويعد واديا

الزلقة ووتير الأعلى من أهم روافد وادي وتير ويصل الرافدان إلى الرتبة الثامنة والتقائهما معا يكون المجرى الرئيسي ذو الرتبة التاسعة .

وبالنسبة لوادي الزلقة فإن مساحته تصل لنحو ١٢٠٠ كم٢ أو ما يمثل نحو ثلث مساحة حوض التصريف ، وتقع أغلب مساحة حوض الزلقة فى الجزء الجنوبي الغربي للحوض الرئيسي ، ويبدو أن هذا الوادي هو الذي جعل وادي وتير يأخذ شكلا مستعرضا فى قسمه الجنوبي .

ويتألف وادي الزلقة من العديد من الروافد أهمها وادي البيار والمفجر والعراضة ووادي العجولة ووادي البريجاء ، ويبلغ عدد المجارى فى حوض وادي الزلقة نحو ٢٣,٩٠٠ مجرى بنسبة ٤٣٪ من إجمالي أعداد المجارى بحوض وادي وتير ، وقد بلغ أقصى طول لحوض وادي الزلقة نحو ٦٣ كم وبلغ عرض الحوض نحو ٣٦ كم .

ويجرى وادي الزلقة فى معظمه فوق الصخور الجيرية والرملية وبعض تكوينات الطفل المتمثلة فى تكوينات إسنا.

أما وادي وتير الأعلى فإنه يشغل مساحة تقدر بنحو ١٧٠٠ كم٢ وهو ما يمثل نحو ٤٧٪ من المساحة الإجمالية لحوض التصريف ويصل وادي وتير الأعلى إلى الرتبة الثامنة، ويتألف هذا الوادي من العديد من الروافد أهمها أودية الحيثى والشعيرة والصوانة وأبيض بطنه وسعدي وسرطبة وغيرها ، ويتألف معظم سطح الوادي من صخور الحجر الرملي. والحجر الجيري باستثناء بعض الأجزاء فى الجانب الشرقي التى تتألف من الصخور النارية ويصب وادي وتير الأعلى فى وادي وتير الأدنى عند نقطة التقاءه بوادي الزلقة ، ويتباين الانحدار فى وادي وتير الأعلى فالأجزاء الشمالية تتسم بقلة الانحدار بصورة كبيرة إذ تصل درجة الانحدار فى بعض الأحيان إلى أقل من درجة واحدة ، أما الأجزاء الشرقية والغربية فتتسم بشدة تضرسها وتقطعها العديد من المجارى النهرية ويبلغ طول حوض وادي وتير الأعلى نحو ٤٨كم فى حيث بلغ عرضه نحو ٤٤ كم.

ويحتل وادي غزالة المرتبة الثالثة من حيث المساحة إذ تبلغ مساحته نحو ١٦٨ كم٢ بنسبة ٤,٦٪ من إجمالي مساحة حوض التصريف ويجرى وادي غزالة فوق الصخور النارية وقد تأثر الوادي إلى حد بعيد بأنظمة الصدوع التى تنتشر فى هذا النطاق، وقد بلغ طوله ٢٥كم فى حين لم يتجاوز عرضه ١١كم فقط .

ويتألف وادي غزاله من نحو ٢٠٥٠ مجرى ومن أهم روافده وادي خطره ووادي لتحي الصغير ووادي أم ظيله .

ويعد وادي غزاله من الأودية شديدة الخطورة نتيجة لكبر شبكة تصريفه كما أنه يصب فى الجزء الخانقي من الوادي حيث يبلغ عرض الوادي نحو ١٥ مترا ، فى منطقة المصب ، ويتسم سطح حوض وادي غزاله بشدة تضرسه ويضم العديد من الصدوع التى أثرت على اتجاه المجرى الرئيسي للوادي .

ويأتي وادي صمغي فى المرتبة الرابعة من حيث المساحة إذ تبلغ مساحته نحو ١٣٨كم٢ بنسبة ٣,٨٪ من إجمالي مساحة حوض التصريف ويصل الوادي إلى الرتبة السادسة ويضم نحو ١٧٥٠ مجرى بنسبة ٣,١٪ من إجمالي أعداد المجارى ، ويأخذ الحوض شكلا مستطيلا نتيجة لتأثره بالصدوع الكثيرة المنتشرة بصفة عامة فى القطاع الجنوبي من المنطقة، ويبلغ أقصى طول للحوض نحو ٢٢ كم فى حين لم يتعد عرضه سوى ١٠ كم ، وتجرى روافد الحوض فوق الصخور النارية وأهمها جرانيت كاترين وصخور الديوريت ، ويعد وادي مندرة ووادي أم سللي من أهم روافد وادي صمغي ، ويصب وادي صمغي فى وادي وتير بمجرى ضيق للغاية لا يزيد عرضه عن بضعة أمتار قليلة وتسده الكتل الصخرية كبيرة الحجم ولذلك يصعب دخول الوادي من مصبه مباشرة ولذلك فإن بعض البدو الذين يقطنون المنطقة يدخلون الوادي من خلال وادي أم الهجيج وهو أحد الروافد الموجودة شمال وادي صمغي .

أما وادي نخيل فيصل إلى الرتبة الخامسة ويصب في وادي وتير الأدنى من جهة الشرق، وتبلغ مساحة حوض تصريفه نحو ٣٣كم٢ ، ويأخذ اتجاها عاما من الشمال الشرقي صوب الجنوب الغربي ويقع مصب الوادي فى النقطة التى يصب فيها وادي غزاله من جهة الغرب ولذلك يتسع قاع وادي وتير الأدنى فى هذه النقطة ، ويكون الوادي مروحة فيضية واضحة ، إلا أن الجزء الأدنى من الوادي تحيط به الأسلاك الشائكة نظرا لوجود الألغام المتخلفة عن الحروب السابقة بالمنطقة .

ويبلغ طول حوض وادي نخيل نحو ٣٠كم بينما لا يتعدى عرض الحوض نحو ٥ كم فقط ويتألف وادي نخيل من عدة روافد رئيسية أهمها وادي أبو خشيب ووادي الأبرق الذي يتسم بظهوره فى منابعه العليا على هيئة خانق يبلغ عرضه نحو مترين ويزيد ارتفاع جوانبه لأكثر من مائتي متر ويرتاده الكثير من السائحين ويطلق عليه الخانق الملون Colored Canyon.

ويجرى وادي نخيل بصفة عامة فى الصخور النارية أما الأجزاء العليا فإنها تتألف من صخور الحجر الرملي .

أما واديا الصعدة السمرا والصعدة البيضا فإنهما يصبان في دلتا وادي وتير، ويصل وادي الصعدة السمرا إلى الرتبة الخامسة في حين يصل وادي الصعدة البيضا إلى الرتبة الرابعة ، ويأخذ الواديان الشكل المستطيل إذ أنهما يجريان فوق الصدوع التي تأخذ الاتجاه الجنوبي الغربي / الشمالي الشرقي ، ويتسم سطح الواديين بشدة الانحدار حتى أنهما اشتقا اسمهما بسبب شدة الانحدار، ويخترق الطريق الرئيسي نويبع-دهب مجرى وادي الصعدة البيضا إذ يضيق النطاق الساحلي جنوب دلتا وادي وتير ولا يسمح بشق الطرق .

أما بقية روافد وادي وتير فإنها أحواض صغيرة المساحة وتتراوح مساحتها بين ٢٠كم٢ – ونحو ٢كم٢ وأغلبها أودية من الرتبة الرابعة، وتتركز هذه الأودية في القسم الجنوبي من حوض التصريف، ولا شك أن نوع الصخر قد أثر كثيراً على صغر مساحات هذه الروافد ، وتصب هذه الروافد في الوادي الرئيسي بمصبات ضيقة وبعضها يكون بعض المراوح الفيضية صغيرة المساحة وتتسم هذه الأودية بشدة انحدارها وتظهر جوانبها في صورة حافات شديدة الانحدار.

أما وادي وتير الأدنى فإنه يتألف نتيجة التقاء واديي الزلقة ووتير الأعلى ، ويضم جميع الروافد التي تقل رتبتها عن الرتبة الرابعة وقد بلغ عددها نحو ٢٦١ رافدا ولا تدخل هذه الأودية ضمن أي من الروافد السابقة وكان يصعب دراستها منفصلة ولذلك فإنها ضمت إلى وادي وتير الأدنى .

وجميع هذه الروافد تقع في القطاع الخانقي من الوادي وبذلك فإنها تتسم بصغر مساحاتها وشدة انحدارها، كما أنها تصب في وادي وتير الأدنى بمصبات ضيقة.

ويتسم حوض التصريف بتنوع الأشكال الجيومورفولوجية (وقد أظهرتها الخريطة الجيومورفولوجية للحوض)(١) نتيجة لتنوع التكوينات الصخرية التي تتراوح بين الصخور النارية التي ترجع إلى ما قبل الكمبري والصخور الرسوبية والرواسب الحديثة، إلا أن أشكال التعرية النهرية تمثل أهم الأشكال وأكثرها انتشارا مما يدل على المراحل التطورية التي مرت بالوادي حتى وصل إلى شكله الحالي ، كما تنتشر الأشكال المرتبطة بالبنية الجيولوجية وخاصة في الجزء الجنوبي والشرقي الذي شهد نشاطا تكتونيا خلال العصور الجيولوجية المختلفة وخاصة منذ الأوليجوسين وحتى الوقت الحاضر.

وعلى الرغم من قلتها إلا أن الأشكال الناتجة عن فعل الرياح تتركز في القسم الشمالي من حوض التصريف حيث يتسم السطح بانكشافه لفعل الرياح ، ولذلك توجد بعض الكثبان

---

(١) تم إنشاء الخريطة الجيومورفولوجية لحوض التصريف من مصادر متعددة ووضعت مطوية في أخر الرسالة

الرملية على الحافات، كما توجد الكثير من الأشكال الناتجة عن فعل النحت بواسطة الرياح، كذلك توجد بعض الأشكال ذات الأصل التحاتي المنتشرة بالحوض وأهمها سهول البيدمنت وأسطح التعرية التى تتركز فى النطاق الأوسط والشمالي من حوض التصريف.

ثانيا : أسباب اختيار الموضوع وأهداف الدراسة :

تعد الدراسة الحالية امتدادا للعديد من الدراسات التي تناولت بعض أحواض التصريف في شبه جزيرة سيناء وكذلك امتدادا لبعض الدراسات التي تناولت جيومورفولوجية بعض المناطق الأخرى داخل سيناء .

وبالنسبة لمنطقة الدراسة فان حوض وادي وتير يعتبر إقليما جيومورفولوجيا متميزا ، إذ أنه أكبر الأودية التي تصب في خليج العقبة ، ويتسم حوض التصريف بسمات وخصائص تجعله مختلفا ومتميزا عن بقية أحواض التصريف التي تصب في خليج العقبة .

كذلك كان للتنوع والثراء الجيومورفولوجي للحوض الأثر الكبير في ضرورة إبراز هذا التنوع من خلال الدراسة الحالية ، فوادي وتير يجري في مناطق متباينة جيولوجيا وتضاريسيا ومن ثم فانه يتسم بالعديد من الخصائص الجيومورفولوجية سواء في قطاعه الاعلى الذي يجري فيه الوادي في نطاق الصخور الرسوبية والأرض قليلة التضرس أو في قطاعه الأدنى الذي يجري فيه الوادي في نطاق الصخور النارية حيث يظهر الوادي في شكل خانقي .

وقد كان لتوافر المادة العلمية ومن مصادر متعددة أثر كبير في اختيار موضوع الدراسة ، إذ تتوافر لشبه جزيرة سيناء بصفة عامة ووادي وتير بصفة خاصة مجموعة من الصور الجوية ولوحات الموزايك كذلك فقد توفر للطالب بعض البيانات في صورة رقمية أمكن الاستفادة منها عند دراسة حوض التصريف وإنشاء نظام معلومات جغرافي للحوض.

كما توفرت للمنطقة مجموعات متميزة من الخرائط الطبوغرافية بمقاييس مختلفة مكنت الطالب من معالجتها رقميا ثم استقاء النتائج وربطها بالدراسة الميدانية للمنطقة .

كما توفرت الخرائط الجيولوجية للمنطقة سواء كانت مستقلة أو ضمن بعض الأبحاث التي تناولت المنطقة أو أجزاء منها .

كذلك فقد توفرت للطالب مجموعة من البحوث والدراسات التي تناولت شبه جزيرة سيناء أو أقسام منها ، إلا أن هناك بعض الجوانب التي تطلبت إجراء الدراسات الميدانية للمنطقة وتم خلالها عمل القطاعات وإجراء بعض القياسات وجمع العينات ورصد الظاهرات الجيومورفولوجية المختلفة ، كما كان لتوفر تقنية نظم المعلومات الجغرافية وإلمام الطالب بها

دوره في إنشاء نظام معلومات جغرافي لحوض التصريف يظهر عليه الخصـــائص المختلفـة للحوض وروافده الرئيسية ، كما يمكن تحديث البيانات الجغرافية الموجودة ضمن هذا النظـــام كلما استجدت بيانات جديدة .

كما يهدف الطالب من وراء إنشاء نظام معلومات جغرافي للحوض أن يكون مقدمة لعمل قواعد بيانات جغرافية متكاملة لكل أحواض التصريف في مصر باعتبارها من أهـــم ملامـح الأراضي الجافة في الصحراء الشرقية وشبه جزيرة سيناء .

وبجانب إنشاء نظام معلومات جغرافـــي Geographic Information System لحوض التصريف تهدف الرسالة إلى دراسة وإبراز الأشكال الأرضية بالمنطقة مـــن خـلال الخريطة الجيومورفولوجية التفصيلية ، وتقسيم الأشكال حسب نشأتها إلى الأشكال ذات الأصل البنيوي وأشكال التعرية النهرية والأشكال ذات الأصل الهوائي والتحاتي .

ومن الممكن أن يفيد المخططون للمنطقة وخاصة في مجال السياحة والزراعة من قـاعدة البيانات الجغرافية للحوض ومن الخريطة الجيومورفولوجية عند تطوير أو إضافة مزيد مـــن المواقع السياحية بالمنطقة .

ثالثا : منهج وأدوات الدراسة :

تعتمد دراسة الجيومورفولوجيا بصفة عامة على منـــهجين رئيســيين وهمـــا المنـــهج الموضوعي ويهتم بدراسة أحد الأشكال الجيومورفولوجية دراسة متعمقة ، أما المنهج الأخــــر فهو المنهج الإقليمي حيث تنصب الدراسة على إقليم أو نطاق محدد ثم دراسة جميع الأشـــكال الجيومورفولوجية ضمن هذا النطاق ، وقد اعتمدت الدراسة الحالية على المنـــهجين الســابقين فحوض وادي وتير يمثل ظاهرة جيومورفولوجية واضحة بالإضافة إلى أنه يشغل إقليما محـددا وواضحا ويحتوي هذا الإقليم على العديد من الظاهرات الجيومورفولوجية الكثير منـــها نتـــاج لعمليات التعرية النهرية وبعضها نتاج لعوامل وعمليات جيومورفولوجية أخـــرى ، وقـد تـــم دراسة جميع الأشكال أو نماذج منها .

كذلك فقد اعتمدت الدراسة الحالية على المنهج الوصفي التحليلـــي لدراســة الأشـــكال الأرضية ووصفها من خلال أبعادها المورفومترية .

وقد اتبعت الدراسة الحالية بعض الأساليب مثل الأسلوب الكمي لدراسة أبعاد الظاهرات والعلاقات فيما بينها ، وقد استخدمت الدراسة أحدث الـــبرامج الإحصائيـــة لإجـــراء بعـــض الأساليب الإحصائية المتقدمـــة والتـــي يـــأمل الطـــالب أن تكـــون اتجاهـــا فـــي الدراســـات الجيومورفولوجية لما تقدمه من فائدة عند دراسة الأشكال الأرضية ، إلا أننا يجب أن نتوخـــى الحذر عند تحليل البيانات الناتجة لأن هناك العديد من العوامل المتشـــابكة التـــي تؤثـــر فـــي

الأشكال الجيومورفولوجية ، وقد استخدم المنهج الكمي عند دراسة العلاقات بين متغيرات حوض التصريف وشبكة التصريف ، كذلك فقد استخدم الطالب هذا المنهج عند دراسة منحدرات جوانب الوادي .

كما اعتمدت الدراسة على الأسلوب الكارتوجرافي لتوقيع الظاهرات المختلفة وقد اعتمدت معظم الخرائط الموجودة بالدراسة على قاعدة البيانات الجغرافية التي تم إنشائها لحوض التصريف .

رابعا : وسائل البحث :

ويقصد بها الإجراءات التفصيلية التي اتبعها الطالب أثناء إعداد هذه الدراسة وتنقسم هذه الوسائل إلى :

١. الدراسات السابقة :

لم تتعرض منطقة الدراسة بأكملها لدراسة جيومورفولوجية تفصيلية وان كانت شبه جزيرة سيناء -بما في ذلك منطقة الدراسة- قد حظيت بعدد من الدراسات ونذكر منها على سبيل المثال لا الحصر :

- موسوعة شبه جزيرة سيناء التي أصدها المجلس الأعلى للعلوم في عام ١٩٦٠ وتضمنت هذه الدراسة العديد من الأبحاث عن جيومورفولوجية سيناء وموارد المياه بها .
- دراسة عبده شطا في عام ١٩٦٠ عن جيولوجية شبه سيناء وقد تناول فيها تفصيلا دراسة التكوينات الجيولوجية والمظاهر التركيبية في سيناء بما في ذلك منطقة الدراسة .

وخلال الفترة من ١٩٦٧ إلى ١٩٨٢ شهدت المنطقة كما كبيرا من الدراسات ، وأهم هذه الدراسات :

- دراسة Eyal , & Batrov عن التطور الجيولوجي للساحل الغربي لخليج العقبة وعلاقة الخليج بنشأة البحر الميت .
- دراسة Hildebrand, & Freund عن جيومورفولوجية واديي قصيب وحيمور الذين يلعان شمال وادي وتير مباشرة .
- دراسة Avraham, Garfunkel عن خليج العقبة من الناحية التركيبية ، وتناولت هذه الدراسة أثر الأدوية التي تصب في خليج العقبة على طبيعة المياه وكثافتها وعمق المياه أمام مصبات هذه الأدوية وأهمها وادي وتير ، وقد تبين من خلال هذه الدراسة وغيرها أن

خليج العقبة مازال ناشطا تكتونيا ويتعرض للتعميق باستمرار على الرغم من الرواسب التـــي تلقيها الأدوية بعد حدوث السيول .

وبعد استكمال تحرير شبه جزيرة سيناء أصبحت المنطقة مجالا خصبا لكثير من الدراسات الجيومورفولوجية العامة منها والتفصيلية ومن أهم الدراسات التي أفاد منها الطالب :

- دراسة الحسيني (١٩٨٧) عن موارد المياه في سيناء وقد تناولت هـــذه الدراســـة بالتفصيل دراسة الأمطار والمياه السطحية ثم دراسة السيول مع التركيز على وادي العريـــش باعتباره أكبر أودية شبه جزيرة سيناء وأكثرها مطرا ، كذلك فقد تناولت هذه الدراسة طـــرق الاستفادة من المياه الجوفية من اجل أعمار وتنمية المنطقة .

- التخطيط الهيكلي لشبه جزيرة سيناء (١٩٨٢) الذي تناول فيه البـــاحثون دراســـة جميع الجوانب الجغرافية لسيناء وقد أفاد الطالب من الدراسة الجيومورفولوجية وموارد المياه

وقد ظهرت أيضا بعض الدراسات التي اتسمت بأنها دراسات تفصيلية ونذكر منها :

- دراسة كمـــال وزمـــلائه Kamal, et-al, (١٩٨٠) عـــن جيومورفولوجيـــة وهيدرولوجية شبه جزيرة سيناء ودراسة حماد Hammad عام ١٩٨٠ ثـــم دراســـة تكـــلا Takla ١٩٩١ عن الصخور النارية بمنطقة الدراسة .

وفي الفترة الأخيرة قام الجيومورفولوجيون بدور مهم في دراسة الأشـــكال الأرضيـــة بالمنطقة ونذكر من هذه الدراسات :

- دراسة (صالح، ١٩٨٩) عن المراوح الفيضية في الجزء الأدنى من وادي وتـــير وقد أفاد الطالب من هذه الدراسة من خلال التعرف على نمط متميز مـــن أنمـــاط المـــراوح بحوض التصريف يتركز في الجزء الأدنى الخانقي من الوادي .

- دراسة (صالح، ١٩٨٩) عن الأخطار الطبيعية على طريق نويبع النقق وهو الطريق الذي يسير في قاع الوادي ويتأثر إلى حد كبير بالخصائص الجيولوجيـــة والجيومورفولوجيـــة للوادي ، كذلك فقد أفاد الطالب من دراسة (صالح، ١٩٨٩) عن الجريان السيلي في الصحاري وقد تضمنت هذه الدراسة إشارات كثيرة إلى أودية جنوب سيناء وخصائص الجريان بها .

كما أصدرت أكاديمية البحث العلمي بعض التقارير التي تناولت دراسة السيول التـــي اجتاحت المنطقة عام ١٩٩١ وكيفية مجابهتها .

- كذلك فقد أفاد الطالب من بعض الدراسات التي تناولت جيولوجية المنطقـــة ونذكـــر منها دراســـة (Ismail, 1998) والتـــي تتـــاول فيـــها الخصـــائص الهيدروجيولوجيـــة والهيدروكيميائية لحوض التصريف وان كانت هذه الدراســـة قـــد أغفلـــت تـــأثير العوامـــل الجيومورفولوجية وأثرها على الجوانب الهيدرولوجية .

كما تناولت دراسة (Shabana, 1998) الملامح الجيولوجية والموارد المائية لبعض الأحواض التي تصب في خليج العقبة ، وقد تميزت هذه الدراسة أيضا بغلبة الخصائص الهيدرولوجية على الجوانب الأخرى .

ومن الدراسات الجغرافية القيمة دراسة (موسى ، ٢٠٠٠) عن السيول في أودية خليج العقبة بمصر ، وقد تناولت هذه الدراسة خصائص أحواض وشبكات التصريف وخصائصها الهيدرولوجية ثم دراسة تفصيلية للسيول في أودية خليج العقبة عامة ووادي وتير بصفة خاصة ، كذلك فقد حاولت هذه الدراسة وضع بعض المقترحات المفيدة للاستفادة من مياه السيول وكيفية مجابهة أخطارها .

وإلى جانب الدراسات السابقة فإن الدراسة الحالية تعتمد على الكثير من الدراسات الأخرى والكثير من أمهات الكتب في مجال الجيومورفولوجيا النهرية ، واستخدام نظم المعلومات الجغرافية .

٢ - الخرائط والصور الجوية وصور الأقمار الصناعية .

تعتبر الخرائط على اختلاف مقاييسها وأنواعها من المصادر المهمة للدراسة الجيومورفولوجية إذ يتم استقاء الكثير من البيانات والمعلومات من خلال الخرائط مباشرة أو من خلال عمليات القياس ، كما تمثل الصور الجوية وخرائط الموزايك مصدرا ذو أهمية كبيرة في إعداد الخريطة الجيومورفولوجية ، وتعتمد الدراسة الحالية على العديد من الخرائط نذكر منها :

- الخرائط الجيولوجية لشبه جزيرة سيناء (لوحتا ١-٢) بمقاس ١ : ٢٥٠,٠٠٠ ، كما أفادت الدراسة من الخرائط الجيولوجية الموجودة في الكثير من الدراسات التي تناولت دراسة المنطقة أو كانت المنطقة جزءا منها .
- كما تعتمد هذه الدراسة على الخرائط الطبوغرافية ذات مقاييس ١/٢٥٠,٠٠٠ ، ١ : ١٠٠,٠٠٠ ، ١,٥٠,٠٠٠ ، كذلك فقد أفادت الدراسة من بعض الخرائط الطبوغرافية التفصيلية بمقياس ١ : ٢٥,٠٠٠ عند دراسة بعض الأشكال الجيومورفولوجية وخاصة المراوح الفيضية .
- كذلك فقد اعتمدت هذه الدراسة على بعض البيانات الجغرافية الرقمية Digital Geographic Data ونذكر منها :
- الخريطة الجيولوجية الرقمية بمقياس ١ : ١٠٠,٠٠٠ والتي تم عمل المونتاج Editing لها وإضافة بعض البيانات إليها ، وقد أفادت هذه الخريطة الرقمية كثيرا في معرفة مساحة التكوينات الجيولوجية بدقة .

- مرئية فضائية من نوع Landsat T.M بدرجة وضوح resolution تساوي ٣٠متر بمعنى أن كل خلية Pixel تمثل مربع طول ضلعه ٣٠ متر ، وهذه المرئية تغطي مساحة كبيرة تقدر بنحو ٦٠٠ x ٦٠٠ كم متضمنة منطقة الدراسة ، وقد أفاد منها الطالب في التعرف على بعض الأشكال الأرضية التي كان يصعب الوصول اليها ، كما أفاد منها الطالب في دراسة دلتا وادي وتير ، وتضم هذه المرئية ٦ طبقات يطلق عليها Band ، ويمكن رؤية ثلاث طبقات فقط من خلال وضعها في القنوات الثلاث للألوان التي يمكن رؤيتها بالحاسب الالي وهي RGB أو الأحمر والأخضر والأزرق Red, Green, Blue وجدير بالذكر أن كل توليفة معينة تظهر بعض الأشكال التي تختلف بدورها عن توليفة أخرى .

٣ الدراسة الميدانية :

تعد الدراسة الميدانية من الوسائل الأساسية والمهمة لأية دراسة جيومورفولوجية حيث يمثل الميدان Field الصورة الحقيقية لأشكال السطح وتهدف الدراسة الميدانية إلى :

- التأكد من صحة بعض البيانات والمعلومات السابقة المستقاة من الخرائط والأبحاث المختلفة
- جمع البيانات وتحليلها والخروج بالنتائج .
- المسح الميداني حيث تم خلاله قياس أبعاد الأشكال الجيومورفولوجية المختلفة إلى جانب تصوير بعض الظاهرات فوتوغرافيا .
- جمع العينات وتحليلها ومحاولة معرفة طبيعة بيئة الترسيب والعوامل المؤثرة .

وقد تمت الدراسة الميدانية للمنطقة على ثلاث مراحل هي :

- المرحلة الأولى كانت بغرض الاستطلاع واستغرقت ثلاثة أيام وقد تم فيها ترتيب إجراءات الإقامة والتنقل كذلك فقد قام الطالب بزيادة استطلاعيه للمنطقة كانت تهدف إلى التعرف على خصائصها العامة .
- المرحلة الثانية واستغرقت نحو ١٠ أيام وقام فيها الطالب بدراسة منحدرات جوانب الوادي وبعض المراوح الفيضية والكثبان الرملية في نطاق دلتا الوادي .
- المرحلة الثالثة واستمرت نحو ١٠ أيام وتركزت خلالها الدراسة على المراوح الفيضية في النطاق الشمالي ودراسة المدرجات ودراسة الأشكال الناتجة عن النحت والإرساب بسبب الرياح

وقد تم جمع العينات من رواسب المراوح الفيضية والمدرجات النهرية والكثبان الرملية خلال المرحلتين الثانية والثالثة .

خامسا : محتويات الدراسة :

تتألف الدراسة من ستة فصول تسبقها مقدمة ، وتعقبها خاتمة ، كما يبدأ كل فصل بمقدمة وينتهي بعرض لأهم النقاط التي عالجها الفصل ، وتشتمل مقدمة الدراسة على موقع منطقة الدراسة وملامحها العامة والأسباب التي دعت الطالب إلى اختيار الموضوع والأهداف المرجو تحقيقها ثم المناهج والأساليب التي اتبعتها الدراسة ، وعرض دور الدراسة الميدانية ومراحلها ، ثم عرضت الدراسة لاهم الخرائط والصور الجوية والخرائط الرقمية التي استعانت بها الدراسة ، وقد اشتملت فصول الدراسة على ما يلي :

يتناول **الفصل الأول** الملامح الجيولوجية للمنطقة لكونها تمثل الإطار المكاني التي نشأت عليه الأشكال الجيومورفولوجية ، وقد تناول الفصل بالدراسة عدة عناصر بدأت بالتوزيع الجغرافي للتكوينات الجيولوجية حيث تبين أن المنطقة توجد بها صخور ترجع إلى ما قبل الكمبري وتتركز في القسم الجنوبي والشرقي من حوض التصريف ، أما أحدث الرواسب فإنها ترجع إلى الهولوسين (الحديث) حيث تتمثل هذه التكوينات في بعض رواسب الكثبان الرملية وبعض المفتتات الموجودة على السطح ، ثم أعقب ذلك دراسة التتابع الطباقي للصخور بالحوض لمعرفة سمك الطبقات الصخرية ومعرفة أسطح التوافق وعدم التوافق وقد اتضح اختفاء بعض التكوينات من العمود الجيولوجي وقد تناولت الدراسة أسباب ذلك ، ثم درس الطالب الجوانب البنيوية التي تضم الصدوع والفواصل والطيات ، وقد اتضح أن الصدوع قد لعبت دوراً كبيرا في تطور كثير من الأشكال الجيومورفولوجية وأهمها الأودية ، أما الطيات فهي نادرة الوجود بالمنطقة وقد تم رصد بعضها خلال الدراسة الميدانية ، أعقب ذلك دراسة التطور الجيولوجي لحوض التصريف لمعرفة التغيرات التي طرأت على الحوض منذ نشأته وحتى الوقت الحاضر .

ويعالج **الفصل الثاني** الأبعاد المورفومترية لحوض التصريف مستهلا بدراسة مساحة حوض التصريف ومساحة أحواض الروافد الرئيسية ثم دراسة أبعاد حوض التصريف التي تشمل الطول والعرض والمحيط وذلك على مستوى حوض التصريف وأحواض الروافد ثم تلا ذلك دراسة المعاملات التي تقيس شكل الحوض حيث استخدمت ستة معاملات وهي نسبة **الاستطالة نسبة الاستدارة ، معامل الشكل ، معامل الاندماج ، معامل الانبعاج ، نسبة الطول / العرض** ، وأعقب ذلك دراسة تضاريس سطح الحوض وأحواض الروافد من خلال استخدم بعض المعاملات المورفومترية مثل نسبة التضرس ، ودرجة الوعورة والتضاريس النسبية والتكامل الهبسومتري ، والرقم الجيومتري ، ثم دراسة انحدار سطح الحوض مستخدما بعض برامج نظم المعلومات الجغرافية لمعرفة درجة الانحدار ونسبة الانحدار ، كذلك تناول الطالب

بالدراسة منحنى التكامل الهبسومتري لحوض التصريف وأحواض الروافد لمعرفة المرحلة الجيومورفولوجية لكل منها ، ويختتم الفصل بدراسة العلاقات بين جميع متغيرات حوض التصريف باستخدام بعض الأساليب الإحصائية المتقدمة مثل التحليل العاملي والتحليل العنقودي .

أما الفصل الثالث فانه يتناول بالدراسة شبكة التصريف بالحوض من خلال دراسة التحليل المورفومتري للشبكة متضمنا دراسة أعداد المجاري ونسبة التشعب وأطوال المجاري والمسافات بينهما واتجاهات المجاري وتكراريتها ثم دراسة كثافة التصريف على مستوى حوض التصريف بأكمله ثم على مستوى كل رافد من الروافد الرئيسية ، ثم يدرس الفصل أنماط التصريف المختلفة المنتشرة بالحوض وأهمها النمط الشجري والمستطيل والإشعاعي وغيرها . ويلي ذلك دراسة العلاقة بين ميل الطبقات واتجاهات المجاري من خلال دراسة أنماط التصريف طبقاً لميل الطبقات ، ويعقب ذلك دراسة العلاقات بين جميع متغيرات الحوض والشبكة من خلال استخدام بعض الأساليب الإحصائية ، ويختتم هذا الفصل بدراسة أهم العوامل المؤثرة في الحوض وشبكة التصريف .

ويدرس الفصل الرابع الجوانب الهيدرولوجية للحوض من خلال دراسة المدخلات المتمثلة بصورة رئيسية في الأمطار ثم دراسة المخرجات الكاملة المتمثلة في التبخر والتسرب ، ثم دراسة الجريان السطحي المتوقع والفعلي في بعض أحواض الروافد ، ويلي ذلك دراسة العلاقات بين خصائص حوض التصريف وشبكة التصريف من جهة والجريان السطحي بالحوض من جهة أخرى .

ويتناول الفصل الخامس دراسة منحدرات جوانب الوادي من خلال القطاعات السابقة التي تم قياسها حيث يتم دراسة زوايا الانحدار ثم دراسة معدلات التقوس لمعرفة نسبة الأقسام المقعرة والمحدبة والمستقيمة ، وقد آثر الطالب دراسة كل من منحدرات القطاع الأدنى والقطاع الأعلى للوادي كل على حده نظرا لاختلاف خصائص كل منهما عن الآخر ، ثم يتناول الفصل دراسة أشكال المنحدرات السائدة ، وبعد ذلك يتم دراسة أهم العوامل والعمليات التي تسهم في تشكيل المنحدرات وبعد ذلك يتم دراسة تطور منحدرات الوادي ، ويختم الفصل بدراسة أهم الأشكال الجيومورفولوجية المرتبطة بالمنحدرات وأهمها التلال المنعزلة والشواهد الصخرية وركام الهشيم ، ثم دراسة أشكال السقوط الصخري والانهيارات الأرضية .

أما الفصل السادس فقد تناول دراسة الأشكال الأرضية الرئيسية بالحوض من خلال إنشاء خريطة جيومورفولوجية للحوض ، وقد تمثلت هذه الأشكال بصورة رئيسية في الأشكال الناتجة عن العوامل البنيوية مثل الحافات الصدعية والكويستات والهوجباك ، ثم دراسة الأشكال الناتجة عن التعرية النهرية والتي تتسم بانتشارها في كل أرجاء الحوض وقد برزت

على دراسة أنماط الأودية والمراوح الفيضية والمدرجات النهرية ، كما تم دراسة القطاعات الطولية للوادي الرئيسي ولأودية الروافد ، ثم دراسة تفصيلية لدلتا وادي وتير باعتبارها أكبر ملمح رسوبي نهري بالمنطقة ، ويعقب ذلك دراسة الأشكال ذات الأصل الهوائي سواء كانت اشكال ناتجة عن النحت مثل الموائد الصحراوية الكهوف وحفر الرياح أو ناتجة عن الإرساب مثل الكثبان الصاعدة والرمال المنجرفة والنبكات ، ثم يختتم الفصل بدراسة الأشكال ذات الأصل التحاتي وتمثلت في البيدمنت وأسطح التعرية .

ويعقب الفصل السادس ملحق خاص يتناول المراحل التي تم بها إنشاء نظام معلومات جغرافي لحوض التصريف متضمنا كيفية تشغيل هذا النظام والاستفادة به من خلال الاسطوانة المدمجة (CI) التي تضم جميع البيانات الجغرافية الخاصة بهذا النظام .

وتختتم الدراسة بعرض لأهم النتائج التي توصل إليها الطالب وكذلك بعض المقترحات التي قد يفيد منها الباحثون والمخططون للمنطقة .